RECHERCHES

sur le

SPECTRE SOLAIRE

par

A. J. Angstrom

RECHERCHES

SUR LE

SPECTRE SOLAIRE

PAR

Anders Jöns
A.-J. ÅNGSTRÖM,
PROFESSEUR DE PHYSIQUE À L'UNIVERSITÉ D'UPSAL.

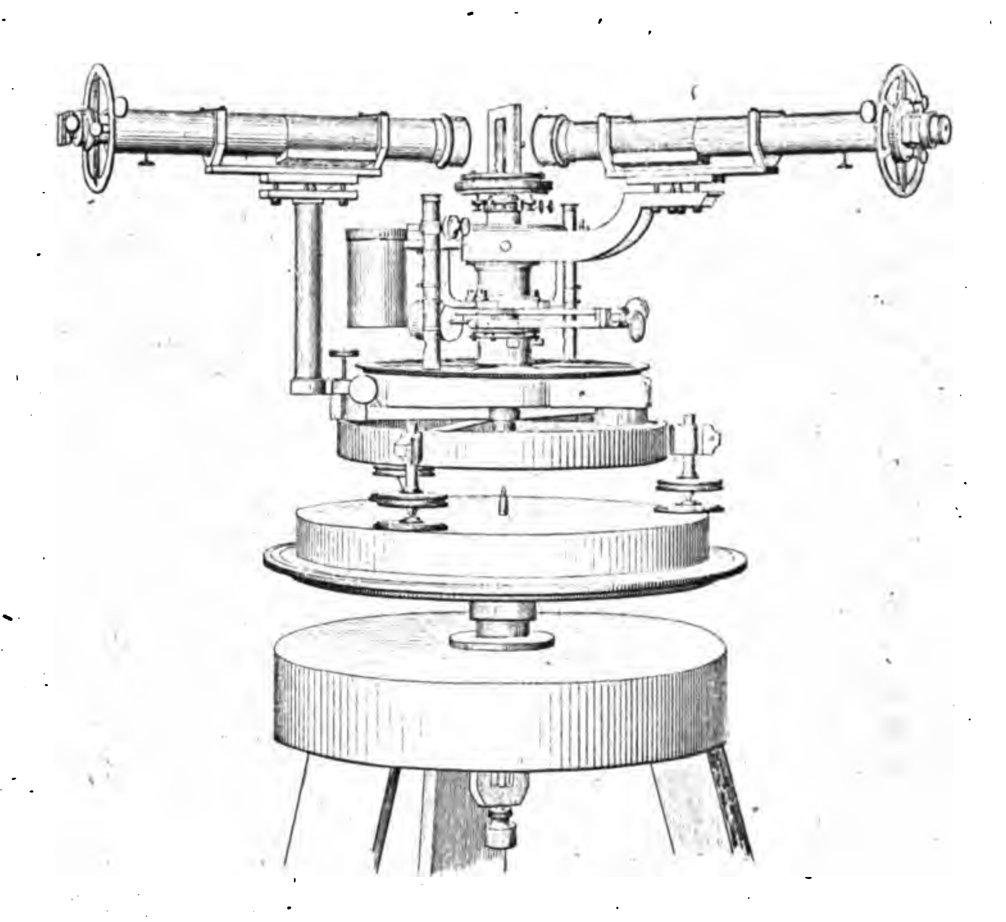
Res ardua est vetustissimis novitatem dare,
novis auctoritatem, obscuris lucem.
PLINIUS.

SPECTRE NORMAL DU SOLEIL.

ATLAS DE SIX PLANCHES.



UPSAL,
W. SCHULTZ, IMPRIMEUR DE L'UNIVERSITÉ.
1868.



SPECTROMÈTRE

(¼ de grandeur naturelle.)

TABLE DES MATIÈRES.

Introduction.

Dans un Mémoire sur les raies Fraunhoferiennes du spectre solaire, présenté à l'Académie royale des sciences à Stockholm en 1861 [1]), nous avons exposé notre intention de soumettre à une révision scrupuleuse les déterminations des longueurs d'onde de la lumière qu'a faites le célèbre FRAUNHOFER, au moyen des réseaux, et de faire des déterminations analogues de toutes les autres raies remarquables du spectre mentionné. Le but de ces déterminations serait, en premier lieu, de procurer des faits suffisants pour construire un spectre normal, fondé sur les longueurs d'onde, et non sur les indices de réfraction; secondement de donner, à l'aide d'un tel spectre, les longueurs d'onde des raies des métaux. C'est la première de ces questions, dont je vais communiquer la solution.

Les recherches sur les spectres sont une question du jour. C'est pourquoi plusieurs savants s'en sont occupés en même temps que nous. Aussi, nous citerons dans le cours de notre traité les ouvrages de M.M. DITSCHEINER à Vienne, VAN DER WILLIGEN à Harlem et MASCART à Paris. Ajoutons que M. GIBBS à Boston a déjà fait un essai, tendant au but ci-dessus enoncé. A l'aide de 111 longueurs d'onde connues, il a dressé des tableaux, d'après lesquels on pourrait trouver les longueurs d'onde de toutes les raies de FRAUNHOFER, qui se trouvent sur les planches de M. KIRCHHOFF. On doit d'autant plus apprécier cet essai qu'il est le premier en ce genre. Dans son ouvrage M. GIBBS s'est basé, en grande partie, sur les déterminations des longueurs d'onde des raies principales de Fraunhofer, publiées par moi-même, déjà en 1863 [2]). Cependant, le nombre des longueurs d'onde qui étaient à la disposition de M. GIBBS n'était pas assez grand pour en construire avec toute l'exactitude désirable un spectre normal; et, outre cela, les valeurs des longueurs d'onde, données par moi-même, n'étaient pas non plus assez exactes pour conduire au but proposé, quoique mes observations aient été faites avec le plus grand soin et avec toute l'exactitude que permettaient les instruments alors employés. Au commencement de mes travaux j'avais adopté comme exacte la valeur donnée par M. NOBERT pour la largeur du réseau, sans la mesurer moi-même; mais, comme je l'ai trouvé depuis, cette valeur avait besoin d'être soumise à une diminution assez considérable. Voilà la cause principale de la différence qui existe entre mes déterminations antérieures sur les longueurs d'onde de la lumière et celles que je donnerai dans les pages suivantes de cet ouvrage.

---

1) Öfvers. af K. Vet. Akad. Förh. 1861, p. 365.
2) „ „ „ 1863, p. 41.

Le nombre des raies, dont j'ai déterminé les longueurs d'onde, monte environ à mille; nombre qu'on doit considérer comme suffisant à la construction rigoureuse d'un spectre normal, ainsi qu'à l'enregistrement des raies spectrales des métaux. Observons cependant, que ce nombre des raies n'est pas également distribué dans toutes les parties du spectre. Car, la plupart se trouvent au milieu, de sorte que les raies qui ont été mesurées entre les lignes Fraunhoferiennes C et *b* sont aussi nombreuses que celles des planches de M. Kirchhoff, pendant qu'on en trouve, naturellement, le plus petit nombre dans la partie violette. Quant à la lumière violette et extraviolette, j'espère pouvoir, à l'aide de la photographie, en publier bientôt un aperçu exact et détaillé, surtout comme les tentatives, déjà faites à cet égard par M. THALÉN, confirment ces espérances.

Je pourrai bientôt m'expliquer en ce qui concerne la méthode et les changements qu'elle a subis pendant le cours de mes recherches.

Le traité suivant contiendra la description des instruments employés et la méthode d'observation, ainsi que les mesures des longueurs d'onde des raies Fraunhoferiennes du spectre solaire. Les recherches théoriques et analytiques, plus ou moins en rapport avec les spectres du soleil et des étoiles, seront le sujet d'un autre traité qui paraîtra le plus tôt que possible.

1. Instruments.

1. RÉSEAU. D'abord je m'étais servi d'un réseau qui avait 4501 traits sur une largeur de neuf lignes de Paris. Ce réseau, dont les traits ont été tracés au diamant sur une lame de verre transparente, sera représenté par le signe (I). Mais, en outre de celui-ci, j'ai employé encore deux autres réseaux, faits aussi par M. NOBERT. L'un d'eux, marqué (II) et de la même espèce que le premier, a 2701 traits sur la même largeur; l'autre a 1501 traits sur une largeur de huit lignes parisiennes. Celui-ci, qui est tracé sur une lame de verre argentée, a ainsi un fond obscur, et l'on s'en sert principalement pour l'observation de la ligne A.

Les réseaux (I) et (II) ont été employés tous les deux pour les déterminations *absolues* des longueurs d'onde des raies principales de Fraunhofer, et ce sont ces raies qui ont servi depuis de points de départ aux mesures micrométriques que j'ai prises relativement à toutes les autres raies spectrales.

Au contraire, dans les observations *micrométriques*, j'ai employé exclusivement le réseau (II). La raison en est que le dit réseau, quoique le nombre de ses traits ne soit pas si grand que celui de (I), en ajustant exactement la lunette, donne les raies de Fraunhofer plus marquées et plus distinctes que ne fait (I). Remarquons qu'avec le réseau (I) les images sont bien distinctes d'un côté de la normale au réseau et non de l'autre, et en outre, qu'au moindre changement du tirage de la lunette, les images se confondent très facilement, de sorte qu'on observe des raies qui diffèrent beaucoup des raies ordinaires, ce qui prouve qu'elles sont tout-à-fait étrangères au spectre normal d'interférence. Ce phénomène a été observé aussi par MM. MASCART et WILLIGEN, et on peut en attribuer la cause à l'imperfection même du réseau, laquelle imperfection devient sans doute plus difficile à vaincre, à mesure que le nombre des traits qui doivent occuper la largeur donnée, augmente.

Cependant, les images distinctes et nettes du réseau (II), dans lesquelles on n'observe point de ces raies fausses que je viens d'indiquer, nous ont déterminé à nous en servir exclusivement, comme nous l'avons dit, pour les déterminations *relatives*.

Il y a un autre avantage que donne cet excellent réseau, savoir, que dans le cinquième et le sixième spectre j'ai pu faire des déterminations depuis la ligne C jusqu'à *h*, et dans le quatrième et le troisième depuis *a* jusqu'à C. C'est par la grande dispersion des raies dans le sixième spectre, (la distance angulaire entre les deux raies D monte réellement jusqu'à 1′ 52″), que les déterminations sont devenues plus exactes. Néanmoins, les observations sur les spectres d'un ordre élevé sont toujours suivies d'un inconvenient, la superposition de plusieurs spectres. Pour éviter cet inconvenient il faut donc, en observant les parties les plus faibles en intensité, se servir de verres colorés, afin d'empêcher tout autre rayon coloré d'entrer dans l'oeil. Cet inconvenient, cependant, est contrebalancé par la coïncidence des raies des divers spectres, ce qui rend possible le contrôle de l'exactitude des observations, contrôle, dont je me suis servi très-souvent, comme nous le verrons bientôt.

Après avoir parlé, ci-dessus, des bonnes qualités du réseau (II), il faut mentionner aussi un défaut inhérent à ce réseau, qui consiste en ce que le premier spectre d'un côté de la ligne normale au réseau, et le quatrième spectre de l'autre côté de la même ligne, sont beaucoup plus faibles en intensité de lumière que ne le sont les autres spectres. Du reste, cela est un phénomène qui a été observé aussi dans l'un des deux réseaux, tracés sur verre, dont s'est servi FRAUNHOFER pour les observations qui ont été publiées dans les Annales de GILBERT. Cependant, ce défaut ne paraît avoir aucune influence sur la position des raies.

2. THÉODOLITE. L'instrument qui m'a servi aux observations des angles est un théodolite de PISTOR et MARTINS à Berlin, porté sur un trépied à vis calantes et surmonté d'un cercle azimutal fixe très-soigneusement divisé. Dans le pied s'engage un axe vertical, autour duquel peuvent tourner librement la plate-forme qui supporte le réseau, ainsi que les deux lunettes, d'ont l'une a été employée comme collimateur et l'autre comme lunette d'observation. La position de cette dernière lunette se mesure sur le cercle susdit au moyen de deux microscopes ordinaires, munis de vis, dont le pas est de 5 minutes. Chaque vis porte à son bout un tambour, divisé en 150 parties égales, dont chacune mesure ainsi deux secondes. La lunette d'observation a dans son intérieur un réticule de deux fils d'araignée, tendus et croisés à 16 degrés, l'un sur l'autre, et ce système de fils est entraîné par une vis micrométrique qui a servi aux déterminations *relatives* des raies spectrales. Si la lunette est ajustée pour voir un objet infinement éloigné, $\frac{1}{100}$ d'une révolution de la vis est égal à peu près à $1\frac{1}{2}$ seconde. Le grossissement de la lunette avec l'oculaire employé dans ces observations était 18.

Afin de pouvoir faire des observations pendant toute la journée et de pouvoir, pour ce but, faire entrer la lumière de divers côtés, sans aucun changement de position du collimateur, par rapport au réseau, le théodolite était posé sur une plaque circulaire, se mouvant autour d'un axe vertical.

Quant à la place d'observation, c'était une tour élevée à 6 côtés, ayant des fenêtres à 4 de ces côtés. Pour faire entrer la lumière dans la fente du collimateur, un porte-lumière ordinaire était employé.

2. Déterminations absolues.

La détermination de la valeur des longueurs d'ondulation λ, au moyen de réseaux, épend, comme on le sait, de deux quantités bien différentes, savoir:

1:o la distance e entre les traits du réseau, et

2:o les angles d'écart φ des divers spectres d'interférence.

C'est surtout la détermination de la quantité e qui présente des difficultés, et il nous ut donc faire voir, en premier lieu, par quels moyens nous sommes arrivé aux valeurs loptées pour les largeurs des réseaux.

A) Détermination de la distance e entre les traits du réseau.

a) Recherches sur la vis de la machine à diviser et mesure de sa longueur.

Pour exécuter ces recherches, j'ai employé une machine à diviser, faite par Fro-ɛnt à Paris et appartenant à l'Institution physique de l'Université d'Upsal. La distance ıtre deux filets consécutifs de cette vis est à peu près un millimètre. La tête de la vis ınsiste en un large cercle divisé sur sa circonférence en 100 parties égales, et, par conséıent, on peut évaluer avec facilité des millièmes de millimètre.

Voici comment ont été faites les recherches sur la vis.

Une certaine longueur fut mesurée, à l'aide de la vis en question, et cette mesure t répétée pour tous les vingtièmes de millimètre de toute la longueur de la vis. Ainsi, ı decouvrit, que les erreurs produites par les irrégularités de la vis, présentaient, dans les ·emiers 400 millimètres, deux périodes complètes et cohérentes, mais, que les aberrations : 400 à 600 millimètres étaient soumises à une autre loi. Puisque les erreurs de la vis aient moindres ici que dans aucune autre de ses parties, j'ai employé toujours, en fai-.nt la comparaison entre la longueur de la vis et celle de l'étalon, la partie, située entre)0 et 600 millimètres.

Le cabinet de physique de l'Université possède, depuis 1858, un mètre à trait, ınstruit en laiton par M. Perreaux à Paris. En mesurant ce mètre par le double-ːcimètre entre 400 et 600 millimètres de la vis de la machine à diviser, j'ai trouvé en mo-ːnne, que *200 mm. de l'étalon de Perreaux sont égaux à 200,0021 millimètres de la vis à la ıpérature de 14°,1 C.*

Cependant, il restait encore quelque doute sur la longueur réelle du mètre de Peraux, et voici quelle en est la cause. Dans la boîte qui renferme l'étalon on trouve comme ınotation qu'à 15° C. le mètre en question est conforme à l'étalon de l'Observatoire de Pa-s. Mais cette note étant beaucoup trop vague pour qu'on puisse en deduire la valeur exacte : la longueur de l'étalon de Perreaux, il m'a fallu recourir à de nouvelles déterminations. cet effet, j'ai comparé l'étalon en question avec l'étalon Prussien, déposé aux Archives de Académie de Stockholm.

Ce dernier étalon, construit en acier par M. BAUMANN à Berlin, est à bout et d'une longueur à peu près de 3 pieds de Prusse. La comparaison m'a donné $\overset{mm.}{0,175}$ pour la quantité dont le mètre de Perreaux est plus long à 15° C. que le mètre type de Paris; et si l'on applique cette correction aux valeurs trouvées plus haut, on aura à + 15° C.

$$200^{m.m.} \text{ de la vis } = \overset{mm}{200,0261}.$$

A l'aide de la même vis j'ai mesuré aussi les largeurs des réseaux, et en convertissant les nombres obtenus en mesures du mètre de Perreaux, on aura

$$(I) = \overset{mm.}{20.3185} \qquad\qquad (II) = \overset{m.m.}{20.3157};$$

ce qui donne à la cinquième décimale des logarithmes pour les valeurs des longueurs d'onde déjà publiées la correction = $-40{,}_8$.

Ce sont exactement ces nombres, à l'aide desquels on a calculé les *mesures micrométriques*, contenues dans les tableaux suivants; et voilà la raison, pour laquelle j'ai cru devoir indiquer ici la valeur de la correction adoptée. Or, je ne donnerai cependant pas, en détail, la description de la manière de déterminer cette quantité, puisque ces valeurs des largeurs des réseaux ont été remplacées, dans la suite de mes travaux, par d'autres beaucoup plus exactes et par conséquent on ne doit les regarder que comme des valeurs approximatives.

A mon séjour à Paris pendant l'automne de 1866 je me suis procuré une nouvelle copie du mètre, laquelle a été comparée avec le mètre prototype du Conservatoire des arts et métiers.

Ce nouvel étalon, qui appartient au cabinet de physique de notre Université, est construit par M.M. BRUNNER Frères à Paris. Il est fabriqué en laiton, ayant une largeur de trois centimètres sur deux centimètres d'épaisseur, et porte encastrés à chaque décimètre de petits cylindres en argent. C'est sur ces incrustations qu'on a tracé les divisions qui sont ainsi à la distance d'un décimètre l'une de l'autre.

Cet étalon est donc aussi un étalon à trait, et on comprend que sa comparaison avec le mètre prototype qui est à bout et qui a sa longueur exacte à 0° C., devient une opération bien délicate. C'est exclusivement à M. TRESCA, sous-directeur du Conservatoire des arts et métiers que je dois d'avoir pu exécuter cette comparaison avec une exactitude qu'on peut regarder comme assez satisfaisante pour le but proposé. Qu'il me soit donc permis de lui offrir ici ma vive gratitude pour la bienvaillance obligeante, avec laquelle il m'a donné son assistance dans ces opérations difficiles.

La méthode, dont s'est servi M. TRESCA pour transporter la longueur de l'étalon à bout sur l'étalon à trait, permet d'arriver à une exactitude très-grande, comme on le verra par le rapport détaillé qui se trouve dans l'appendice de cet ouvrage. Néanmoins, il existe encore une source d'erreur qu'on ne peut faire disparaître que par des observations adroitement combinées. En effet, l'appareil de GAMBEY, pour la comparaison des étalons à trait, qui appartient au Conservatoire des arts et métiers, permet certainement, par sa construction, de tenir les deux étalons qu'on doit comparer entre eux, à la température de la glace fondante, mais la température de l'appareil lui-même, aussi bien que celle de la barre qui porte les deux microscopes, dépendent nécessairement de la température de l'air ambiant et changent avec elle. Par conséquent, on n'est pas parfaitement sûr que ces erreurs, produites ainsi, ont complètement disparu en prenant la valeur moyenne.

Pour changer l'étalon prototype à bout en étalon à trait, on le plaça entre deux talons mobiles, portant un trait chacun. La distance entre ces deux traits, quand ils embrassaient le mètre prototype, fut comparée avec celle des traits extrêmes du mètre d'Upsal, et la différence de longueur a été obtenue, par deux comparaisons complètes, égale à $2\overset{mm}{,}1844$.

Si l'on en soustrait 1,9911 millimètres, laquelle valeur marque la distance entre les deux traits, quand les talons sont placés en contact, l'un avec l'autre, il résulte de ces observations que le mètre d'Upsal est, à la température de la glace fondante, plus court que le mètre prototype du Conservatoire de $0\overset{mm}{,}1933$.

Mais, le mètre du Conservatoire des arts et métiers étant $0\overset{mm}{,}0033$ plus long que celui des Archives, qui fait loi, on doit admettre, par suite, qu'à 0° C.

le mètre d'Upsal = le mètre des Archives — $0\overset{mm}{,}190$ = 0,999810 *mètre.*

Nous nous dispensons de décrire la méthode particulière, par laquelle M. TRESCA a déterminé la dilatation linéaire de l'étalon d'Upsal. Nous disons seulement qu'il a trouvé le coefficient moyen de la dilatation entre 0 et 100 degrés C. égal à 0,00187.

La longueur réelle de notre étalon métrique ayant été déterminée de la manière que nous venons d'indiquer, il nous restait encore à la transporter sur la vis, laquelle opération fut effectuée par la méthode suivante. Chaque double-décimètre de l'étalon fut mesuré par la partie de la vis située entre 400 et 600 millimètres. La somme de ces cinq mesures différentes de la partie en question équivaut donc à l'étalon tout entier, tandis que leur valeur moyenne donne la longueur de la partie mesurée de la vis. Dans toutes ces opérations, l'étalon fut placé de telle manière, que la croisée des fils du microscope, entraîné par la machine à diviser, tombait en visant constamment si près que possible à l'axe moyen de l'étalon. Et de plus, pour être assuré que les mesures se faisaient toujours dans la même ligne droite, ou ce qui est la même chose, pour que l'axe de l'étalon, quand on lui faisait parcourir l'espace d'un double-décimètre, conservât une position parallêle à lui-même, on s'est servi du moyen suivant.

D'abord, un miroir plan et poli fut placé convenablement au bout de l'étalon. De plus, dans la direction de sa normale se trouvait une lunette fixe, dont la moitié du champ de vision était éclairée de côté, suivant la méthode connue qu'emploie assez souvent M. LAMONT dans ses théodolites magnétiques. L'axe optique de la lunette étant dirigé ainsi suivant la normale du miroir, on conçoit bien que les rayons, émanés du réticule, doivent, après son arrivé au miroir, y être réfléchis dans la direction de la normale et qu'il se formera, par conséquent, dans le foyer de la lunette, une image du fil du réticule qu'on peut regarder à travers de l'oculaire. Par suite, en manoeuvrant d'une manière convenable le bout de l'étalon, on pourra, à chaque détermination, faire coïncider exactement la croisée du réticule avec son image dans le miroir, et aussitôt que cela a eu lieu on a pu être sûr que l'axe de l'étalon a été transporté dans une direction sensiblement parallèle à sa position primitive.

Remarquons ensuite, que la température de l'étalon fut déterminée par deux thermomètres, enfoncés dans des trous qu'on avait pratiqués dans le côté de la barre, tandis que la température de la vis fut mesurée par un autre thermomètre, placé dans le voisinage immédiat de la machine à diviser.

Les mesures furent prises simultanement par moi-même et par M. THALÉN, et les résultats se trouvent réunis dans les tableaux suivants:

Numéro du décimètre.	*Longueur du double-décimètre.* L	*Temp. de la vis.* t	*Temp. de l'étalon.* t'	*Nom de l'observateur.*	*Numéro du décimètre.*	*Longueur du double-décimètre.* L	*Temp. de la vis.* t	*Temp. de l'étalon.* t'	*Nom de l'observateur.*
1 et 2	m.m. 199.9894	18°.63	19°.10	ÅNGSTRÖM.	1 et 2	m.m. 199.9896	18°.88	19°.10	THALÉN.
3 et 4	199.9902	18.07	18.88		3 et 4	199.9908	18.41	19.00	
5 et 6	200.0035	18.60	18.58		5 et 6	200.0007	18.90	18.88	
7 et 8	199.9970	19.07	19.32		7 et 8	200.0008	18.94	19.34	
9 et 10	199.9904	18.67	19.45		9 et 10	199.9898	18.60	19.34	
Moy.	m.m. 199.99410	18°.61	19°.07		**Moy.**	m.m. 199.99434	18°.74	19°.14	

VALEURS MOYENNES.

	L	t	t'
Å—M.	m.m. 199.99410	18°.61	19°.07
T—N.	199.99434	18.74	19.14
Moy.	m.m. 199.99422	18°.67	19°.10

Le tableau précédent nous indique ainsi qu'en moyenne deux cent millimètres de l'étalon à 19,°1 C. sont égaux à

m.m. 199,9942 à 18,°67

de la partie de la vis entre 400 et 600 millimètres; cette valeur doit cependant être corrigée en tenant compte de l'influence de la température.

Or, des recherches nombreuses, faites sur des matériaux divers, ayant prouvé d'une manière évidente, que les dilatations ne sont prèsque jamais proportionnelles à la température, le coefficient *moyen* de la dilatation n'est par conséquent pas applicable, quand on veut calculer, pour une certaine température, la longueur exacte d'une barre en laiton. C'est, en effet, pour cette raison que je n'ai pas pu employer, dans ce cas, la valeur du coefficient de dilatation, déterminé par M. TRESCA et indiqué ci-dessus, mais je me suis servi, pour ce but, de la formule de dilatation qu'a donnée M. MATHIESEN pour un alliage, formé de zinc et de cuivre, dans le rapport de 29 du premier et de 71 du second.

Les recherches de M. MATHIESEN ont montré évidemment qu'on peut calculer approximativement le coefficient de la dilatation d'un alliage, pourvu qu'on sache le rapport des deux métaux, qui forment l'alliage, aussi bien que leurs coefficients de dilatation. Mais, comme la valeur du coefficient de la dilatation moyenne entre 0 et 100 degrés C. de l'alliage

du zinc et du cuivre que nous venons de mentionner, a été trouvée par M. MATHIESEN égale à 0,001903 qui est à peu près celle du coefficient donné ci-dessus pour l'étalon d'Upsal, il m'a semblé qu'on pourrait, dans notre cas, employer la formule suivante, donnée par ce savant:

$$1 + 10^{-4} . 0{,}1720\,t + 10^{-6} . 0{,}0186\,t^2 \quad . . . . \quad (a)$$

comme l'expression de *la dilatation linéaire de l'étalon.*

De plus, j'ai adopté, d'après DULONG, pour *la dilatation linéaire de la vis*, la formule

$$1 + 10^{-4} . 0{,}1039\,t + 10^{-6} . 0{,}0143\,t^2 \quad . . . . \quad (b)$$

d'où il suit que *la dilatation apparente de l'étalon*, par rapport à la vis, sera exprimée par la formule

$$1 + 10^{-4} . 0{,}0681\,t + 10^{-6} . 0{,}0043\,t^2 \quad . . . . \quad (c)$$

Comme vérification de cette dernière formule je donnerai quelques déterminations directes, faites à des températures différentes, sur la longueur de l'étalon par rapport à celle de la partie de la vis entre 70 et 570 millimètres. En effet, j'ai trouvé que toute la longueur de l'étalon est égale à

$$999{,}^{\mathrm{m.m}}8858 \quad \text{à} \quad 16^{\circ}{,}8\,,$$
$$999{,}8300 \quad \text{à} \quad 8^{\circ}{,}6\,,$$

d'où l'on aura la différence

$$0{,}0558 \text{ pour } 8^{\circ}{,}2.$$

En calculant par cette valeur le coefficient de la dilatation apparente de l'étalon à 18°, on trouve

$$0{,}00680\,,$$

tandis que la formule (*c*) le donne, à la même température, égal à

$$0{,}00691\,.$$

Mais, la différence entre ces deux valeurs étant tout-à-fait insignifiante, nous pouvons regarder la formule (*c*), et en même temps la formule (*a*), comme suffisamment vérifiée pour notre but.

Par conséquent, si l'on applique la formule (*a*), on aura la longueur de l'étalon d'Upsal à 16°,0 égale à

$$1000{,}^{\mathrm{m.m.}}280\,,$$

d'où il faut cependant soustraire la correction de l'étalon à 0°, savoir

$$0{,}^{\mathrm{m.m.}}190\,.$$

La longueur exacte de l'étalon d'Upsal à la température de 16°,0 C. sera donc

$$1000{,}^{\mathrm{m.m}}0900$$

et par suite *chacun de ces double-décimètres à 16°,0* contiendra

$$200{,}^{\mathrm{m.m.}}0180\,.$$

D'un autre côté on a trouvé ci-dessus le double-décimètre de l'étalon à $+\,19^{\circ}{,}10$ égal à

$$199{,}^{\mathrm{m.m}}99422 \text{ de la vis à } +\,18^{\circ}{,}67$$

d'où, en reduisant cette valeur à 18°,67 à l'aide de la formule (*a*), et de plus à 16°,0 au moyen de la formule (*b*), on trouve le double-décimètre de l'étalon égal à

199,9891 mm de la vis à la temp. commune de 16°,0.

Ce double-décimètre (400—600) de la vis est ainsi à la température de + 16°,0

0,0109 m.m.

plus long que le double-décimètre de l'étalon d'Upsal, tandis que celui-ci est, à son tour,

0,0180 m.m.

plus long que deux cent millimètres à 0° du mètre légal prototype des Archives à Paris. Donc, ***le double-décimètre en question (400—600) de la vis de la machine à diviser est définitivement à la température de 16°,0 C. égal à***

200,0289 m.m.

β) Mesure des largeurs des réseaux.

Le microscope ordinaire de la machine à diviser n'étant pas assez puissant pour mesurer exactement la largeur des réseaux, on l'a remplacé par un bras horizontal, terminé par un cadre rectangulaire. Le réseau, porté sur ce cadre, est, par conséquent, entraîné par l'écrou, quand on tourne la manivelle de la vis. Un autre microscope, grandissant 200 fois et destiné à mesurer la largeur susdite, fut fixé sur la table d'une autre machine à diviser, placée auprès de celle de M. Froment. L'avantage de cet arrangement fut, en effet, que ce microscope restait parfaitement immobile pendant chaque mesure de la largeur du réseau, tandis qu'à chaque nouvelle détermination il pouvait être avancé d'un espace égal à la largeur approximative du réseau qui est à peu près 20,3 millimètres. Et de plus, ce mouvement du microscope devait se faire toujours dans une direction parfaitement parallèle à l'axe de la vis de l'autre machine à diviser, afin qu'on prît toutes les mesures cohérentes sur la même partie du réseau.

Ajoutons que le réseau devait nécessairement avoir une position telle que les images des traits se formassent constamment au foyer du microscope, quelle que fût la partie de la surface rayée, que l'on visait avec le microscope, Pour effectuer cela, le cadre, sur lequel était posé le réseau, était mobile autour de deux pointes et sa rotation se faisait à l'aide d'une vis calante, repoussée du côté opposé au moyen d'un ressort.

Enfin, pour obtenir la largeur véritable du réseau, il faut, avant tout, placer ses traits dans une position aussi perpendiculaire que possible à l'axe moyen de la vis. Voici l'opération, par laquelle on réalisa cette condition indispensable.

D'abord, le réseau fut posé de manière que l'angle, formé par ses traits avec le plan normal de l'axe moyen de la vis, fût aigu, tant dans l'un que dans l'autre sens. Dans ces deux positions, les largeurs correspondantes du réseau furent mesurées par la vis. Soient a et b ces largeurs. En même temps l'angle α, formé par ces deux positions du réseau, fut déterminé, d'après la méthode d'observation bien connue de M. Poggendorff, à l'aide d'une échelle, d'un miroir fixé au réseau et d'une lunette fixe.

Soit x l'angle qui forme la ligne a avec la position cherchée du réseau, on trouve immédiatement

$$a \cos x = b \cos(\alpha - x)$$

et par conséquent

$$\tang x = \frac{a - b\cos\alpha}{b\sin\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Puis, cette valeur de x étant ainsi trouvée, on en calcule le point de l'échelle, correspondant à la position que doit avoir le réseau, quand il devient perpendiculaire à l'axe de la vis. En outre, cet ajustement du réseau une fois fait, le miroir a été employé pour vérifier, avant et après avoir pris les mesures, la position exacte du réseau.

Une exactitude de $\frac{1}{10000}$ millimètre de la largeur réelle du réseau exige que l'angle d'écart des raies de leur position normale ne depasse pas $7'$. Cependant, des observations directes ont prouvé, que la plus grande déviation n'est jamais arrivée à $4'$, ce qu'on a pu contrôler facilement, à l'aide de l'échelle et de la lunette.

Pour faire voir à quel degré d'exactitude l'ajustement du réseau a eu lieu réellement, nous donnerons l'exemple suivant.

La mesure faite pour le réseau (I) a donné

$$a = 20{,}4290^{\text{m.m.}}$$
$$b = 20{,}4725$$

Les 968,8 divisions correspondantes de l'échelle — (la distance entre le miroir et l'échelle étant 2020,2 divisions) — ont donné

$$\alpha = 13^\circ\ 29'.$$

Par conséquent, selon la formule (1), ou aura

$$x = 6^\circ\ 13'\ 36''.$$

Si l'on détermine, par ces valeurs, la largeur réelle du réseau, on trouvera

$$a\cos x = b\cos(\alpha - x) = 20{,}3085^{\text{m.m.}},$$

laquelle valeur est conforme à la valeur moyenne, trouvée par les deux premiers centimètres de la vis (400—420) et indiquée dans la table suivante.

De cette manière dix mesures de la largeur de chaque réseau ont été faites entre 400 et 600$^{\text{m.m.}}$ de la vis, la première de 399,9—420,1, la deuxième de 419,9—440,1 etc. etc. Dans toutes ces mesures, les trois premiers, ainsi que les trois derniers traits du réseau ont été observés, tandis qu'à la valeur moyenne on a ajouté, pour le réseau (I) le nombre 0,0090, et pour (II) 0,0150, c'est la distance approximative entre deux traits consécutifs du réseau.

Dans la table suivante, où nous donnerons les résultats de ces mesures qui ont été faites par M. THALÉN, chaque nombre est la moyenne au moins de quatre mesures.

Numéro du double-centimètre.	*Largeur du réseau (I).*	*Température. t_1*	*Largeur du réseau (II).*	*Température. t_2*	*Différence de largeur. (I)—(II).*	*Différence de temp. t_1—t_2.*
	m.m		m.m.		m.m.	
1	20.30850	15°.2	20.30682	18°.3	0.00168	— 3°.1
2	20.31250	16.1	20.31085	18.4	0.00165	— 2.3
3	20.32032	15.8	20.31857	18.4	0.00175	— 2.6
4	20.32333	15.9	20.32248	18.4	0.00085	— 2.5
5	20.31932	16.2	20.31726	18.3	0.00206	— 2.1
6	20.30660	15.9	20.30402	18.0	0.00258	— 2.1
7	20.30788	15.7	20.30684	18.2	0.00104	— 2.5
8	20.31857	16.0	20.31602	17.9	0.00255	— 1.9
9	20.31544	16.9	20.31314	18.0	0.00230	— 1.1
10	20.31030	16.6	20.30934	18.0	0.00096	— 1.4
	m.m.		m.m.		m.m.	
Moy.	20.314276	16°.0	20.312534	18°.6	0.001742	— 2°.16

En faisant représenter par une courbe les écarts qui existent entre la moyenne et les dix valeurs diverses de la largeur du réseau, trouvées à l'aide des parties différentes de la vis, on verra que cette courbe devient périodique et d'une forme assez régulière. Elle devient aussi de la même forme pour les deux réseaux, ce qui prouve que cette périodicité est inhérente à la vis elle-même.

La différence de la largeur des deux réseaux est, d'après le tableau,

$$\overset{\text{m.m.}}{0.00174},$$

dont l'erreur probable est $\overset{\text{m.m.}}{0,00014}$.

Au moyen des différentes mesures qui entrent dans les moyennes, fournies par les tables, on peut déterminer directement les erreurs probables des valeurs obtenues de la largeur des réseaux. En effet, en calculant de cette manière on trouve pour l'erreur probable de la largeur

$$\text{du réseau (I)} = \tfrac{2}{3} \,.\, 0{,}0001 \sqrt{\frac{6915{,}17}{49\,.\,50}} = 0{,}00015$$

$$\text{et du réseau (II)} = \tfrac{2}{3} \,.\, 0{,}0001 \sqrt{\frac{2883{,}92}{48\,.\,49}} = 0{,}00007.$$

En prenant les moyennes pour les deux décimètres de la vis on aura

Réseau.	*Moy. de 1—5 c. m.*	*Moy. de 6—10 c. m.*	*Différence.*
	m.m.	m.m.	
(I)	20,31679 à + 15°,8	20,31176 à + 16°,2	0,00503
(II)	20,31520... + 18,4	20,30987... + 18,8	0,00533

d'où l'on voit que les différences obtenues par les deux réseaux sont presque égales. En determinant la différence de la longueur des deux décimètres directement au moyen de l'éta-

lon j'ai obtenu le nombre 0,0255, qui étant divisé par 5 donne aussi la même valeur que celle obtenue par les réseaux.

On voit ainsi que non seulement les erreurs probables, obtenues par rapport aux largeurs des réseau (I) et (II), mais aussi que les valeurs particulières, données dans les deux séries des observations, s'accordent les unes avec les autres, d'une manière assez satisfaisante pour qu'on puisse regarder le résultat obtenu comme exact relativement au but proposé.

En considérant, maintenant, qu'à $+16^\circ{,}0$, 200 tours de la vis occupent une longueur de $200{,}0289$ mm, on aura, à la même température de 16° C, les largeurs suivantes des deux réseaux:

$$(I) = 20{,}31717 \text{ mm} ; \qquad (II) = 20{,}31557 \text{ mm} .$$

B) Corrections qu'il faut appliquer à e et à φ.

Aux déterminations absolues des angles d'écart φ d'une certaine raie spectrale on a observé les angles φ_1 et φ_2 formés des côtés de la normale du réseau, et ces observations ont été faites ordinairement dans le sixième et le cinquième spectre.

Cependant, ces valeurs immédiates de φ varient toujours avec la température et la position du réseau, avec la pression atmosphérique et avec la direction du mouvement du réseau. Heureusement toutes ces corrections, que devront subir les valeurs de e et de φ seront très petites. Nous allons indiquer la marche des calculs qu'on doit faire.

a) Correction pour la température du réseau et pour la réfraction de l'air.

Soient e la largeur du réseau, ι le coefficient de sa dilatation, t et t' ses températures à deux époques, n et n' les indices de réfraction de l'air, H la hauteur du baromètre; — alors la longueur d'ondulation λ sera exprimée évidemment par la formule suivante:

$$\lambda = \frac{n'}{n}\,[1 + \iota\,(t' - t)]\,.\,e \sin \varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

En différentiant l'expression

$$n^2 = 1 + \frac{H}{1 + \alpha t},$$

on aura

$$\frac{2n\,dn}{n^2 - 1} = \frac{dH}{H} - \frac{\alpha\,dt}{1 + \alpha t}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

où α signifie le coefficient de la dilatation de l'air. Par conséquent

$$\log \lambda = \log e + \log \sin \varphi + 0{,}17\,(H - 760) + 0{,}31\,(t - 16^\circ{,}0),$$

où l'unité des fractions décimales représente des cent-millièmes du logarithme.

Quand la température t est peu différente de $16^\circ{,}0$, les corrections mentionnées deviennent insensibles, mais la variation de température étant un peu plus forte, on ne peut pas se dispenser d'en faire la correction.

β) *L'influence du mouvement du réseau* [1]).

Si l'on veut admettre que les rayons que traversent le réseau sans être diffractés se propagent dans l'éther indépendamment du mouvement de l'appareil, il est clair que cette indépendance de la propagation subsistera aussi pour les franges latérales, ou pour les spectres qui en résultent.

Dans notre cas, on devra donc constater une aberration proportionelle au rapport de la vitesse de l'appareil à celle de la propagation de la lumière dans le sens de l'axe du collimateur.

Soit v le mouvement de l'instrument dans la direction des rayons incidents, la vitesse de la lumière étant prise pour unité; alors, le mouvement de l'instrument, perpendiculairement aux rayons diviés, sera $v \sin \varphi$, et ce produit que nous représenterons par $\Delta_1 \varphi$ exprimera ainsi *l'aberration* qu'on devra observer.

Il faut ajouter à l'expression donnée de l'aberration une légère correction qui provient du déplacement du réseau dans la direction de la lumière incidente. En effet, la différence de phase des rayons extrêmes du faisceau dévié est égale à $e \sin \varphi$. Pendant le temps que les rayons d'une extrémité mettent à parcourir le chemin

$$e \sin \varphi,$$

le réseau se deplace de la quantité

$$ve \sin \varphi \cos \varphi$$

dans la direction des rayons déviés. La *différence de phase* des rayons extrêmes est donc changée d'une quantité égale à

$$ve \sin \varphi \,(1 - \cos \varphi)\,.$$

On posera donc

$$\Delta\,(e \sin \varphi) = ve \sin \varphi \,(1 - \cos \varphi)\,,$$

d'où l'on tirera

$$\Delta_2 \varphi = v\,(\operatorname{tang} \varphi - \sin \varphi).$$

C'est la quantité qu'il faut ajouter à l'aberration $\Delta_1 \varphi$ et il s'ensuit que *la variation totale de la déviation* φ est égale à

$$\Delta \varphi = v \operatorname{tang} \varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Mais, puisque $\Delta \varphi$ est une quantité très-petite, on peut mettre approximativement

$$\sin\,(\varphi + \Delta \varphi) = \sin \varphi + \Delta \varphi \cos \varphi\,,$$

ou bien, d'après l'équation (1),

---

1) Voyez: *Öfversigt* af K. Vet. Akad. Förh. 1863 p. 51.
Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences, Paris, T. 55, p. 561.

$$\log \sin (\varphi + \Delta\varphi) = \log \sin \varphi + \log (1 + v).$$

On voit ainsi que la correction $\log (1 + v)$ est tout-à-fait indépendante de la valeur de φ.

Il reste encore à déterminer la valeur de v.

Le mouvement du réseau peut être décomposé en trois parties différentes, dont l'une dépende du mouvement du système solaire et les autres de celui de la terre, soit autour du soleil, soit autour de son axe de rotation. Mais, cette dernière vitesse étant tout-à-fait insensible par rapport à la vitesse de la lumière, nous n'aurons égard qu'au mouvement du système planétaire tout entier et qu'à celui de la terre dans son orbite annuelle.

Supposons donc que β_1 et β_2 soient les angles que font, à un certain instant, les directions des deux mouvements avec l'axe optique du collimateur, et que r représente le rapport qui existe entre leurs vitesses, on aura nécessairement

$$v = 20'',4 \left(\cos \beta_1 + r \cos \beta_2\right) ,$$

et par suite, si l'on pose $r = \frac{1}{3}$ et en exprimant les valeurs numériques en cent-millièmes du logarithme, la correction du $\log \sin \varphi$ sera définitivement

$$4{,}8 \cos \beta_1 + 1{,}4 \cos \beta_2 .$$

Voici maintenant les valeurs de β_1 et β_2.

En supposant la direction du mouvement du système solaire déterminée par des coordonnées relativement à l'équateur

$$D = 34^\circ{,}5 \quad \text{et} \quad A = 259^\circ{,}8 ,$$

on obtiendra, pour le mouvement de l'instrument *du nord au sud:*

$$\text{Cos}\, \beta_1' = \cos D \sin P \cos (A - S) - \sin D \cos P;$$

et pour son mouvement *de l'ouest à l'est:*

$$\text{Cos}\, \beta_1'' = \cos D \sin (A - S),$$

la latitude de la place d'observation étant représentée par P et le temps sidéral au moment de l'observation par S.

Pour Upsal les formules se présenteront ainsi

$$\cos \beta_1' = 0{,}713 \cos (259^\circ{,}8 - S) - 0{,}284;$$

$$\cos \beta_1'' = 0{,}824 \sin (259^\circ{,}8 - S).$$

Puis, en appellant D_1 et A_1 les coordonnées équatoriales de la direction du mouvement annuel, au même instant, on aura, de la même manière pour le mouvement de l'instrument *du nord au sud:*

$$\cos \beta_2' = \cos D_1 \sin P \cos (A_1 - S) - \sin D_1 \cos P ,$$

et *de l'ouest à l'est:*

$$\text{Cos}\,\beta_2'' = \cos D_1 \sin (A_1 - S),$$

D_1 et A_1 étant déterminées par les équations

$$\sin D_1 = \sin \omega \sin (L - 90^\circ); \qquad \text{tang}\, A_1 = \text{tang}\,(L - 90^\circ) \cos \omega\,;$$

où L et ω signifient la longitude du soleil et l'obliquité de l'écliptique.

Pour la détermination approximative du mouvement de l'instrument, on peut aussi dans les deux directions du nord au sud et de l'ouest à l'est se servir des formules

$$\text{Cos}\,\beta_2' = \cos D_1 \sin P \sin (\alpha - S) - \sin D_1 \cos P$$

$$\text{Cos}\,\beta_2'' = - \cos D_1 \cos (\alpha - S)$$

et

$$\sin D_1 = - \sin 23^\circ 28' \cos \alpha;$$

en designant par α l'ascension droite du soleil.

Puis, à l'aide des valeurs trouvées de β_1', β_1'', β_2' et β_2'' on trouvera facilement les valeurs cherchées de β_1 et β_2, quand on sait l'angle que forme l'axe optique du collimateur avec la ligne méridionale du lieu d'observation.

Cependant M. WILLINGEN s'est opposé à la validité de cette correction [1]. La lumière incidente venant d'une étoile, et l'observateur se mouvant soit dans la direction directe ou opposée à celle de la lumière, il suppose bien que la correction est la même que celle déterminée ci-dessus, mais que, dans le cas de l'emploi d'un collimateur, le mouvement du réseau et de la lunette d'observation sera contrebalancé par le mouvement de la fente illuminée de collimateur, de sorte que la correction sera réduite à zero. C'est ce que je ne puis croire. Le mouvement du collimateur dans la direction même des rayons incidents ne peut avoir d'autre influence que celle d'une diminution ou d'un agrandissement de la longueur focale du collimateur. Car les rayons, en partant de l'objectif du collimateur, forment une continuité d'ondes planes de lumière, tout-à-fait comme s'ils sortaient d'un objet infinement éloigné. La distance, d'où semblent venir les rayons, se change un peu pour le mouvement du collimateur, mais, selon mon opinion, cela ne peut occasionner aucun retard des ondes de lumière entre elles. Pour rendre, cependant, les déterminations absolues indépendantes, autant que possible, de la dite correction, je me suis servi, pour la détermination de la valeur λ, uniquement d'observations faites vers l'heure de midi, et pour ces observations la correction qui a été calculée est de très peu d'importance. Du reste, quant à la réalité de ce phénomène, des observations recemment faites ne m'ont donné aucune raison de doute. Dans un mémoire spécial je compte reprendre mes recherches sur ce sujet.

Les faces des deux réseaux étant à très peu près parallèles l'une à l'autre, la correction de la forme prismatique des réseaux est donc devenue superflue. En faisant tourner le réseau (I) de 180° je n'ai observé dans la lunette aucun déplacement remarquable de l'image de la fente du collimateur, tandis que, pour (II), le déplacement était d'environ 30 secondes.

1) *Archives* du Musée Teyler, Vol. I, fasc. I. Harlem 1866.

γ) Position du réseau.

Toujours, pendant les observations, la surface rayée était tournée vers la lunette et pour rendre perpendiculaire le plan du réseau à l'axe optique du collimateur, ce plan fut placé de manière à faire coïncider l'image réfléchie du réseau avec la lumière directe du porte-lumière; puis, la lunette d'observation et enfin le collimateur furent dirigés selon la même ligne. \ Il y a une autre manière de disposer le réseau, c'est, d'abord, d'en observer les positions qui, de l'un et de l'autre côté de la direction perpendiculaire au rayon incident, donnent, selon M.M. MASCART et DITSCHEINER, le minimum de déviation, et ensuite de diviser l'angle en deux.

Cependant, s'il y a quelque erreur dans la position du réseau, on peut, par l'observation directe de l'image de la fente, trouver la correction qui doit être appliquée à la valeur de λ. Car, en nommant α, M et α' les angles, dont les valeurs sont données par l'observation, et en mettant pour abréger:

$$\frac{\alpha+\alpha'}{2} - M = \Delta \qquad \text{et} \qquad \frac{\alpha-\alpha'}{2} = \varphi\,,$$

puis, en appelant γ l'angle que forme la direction des rayons incidents, venus du collimateur, avec la normale du réseau, et N le numéro d'ordre du spectre, on aura

$$\frac{N\lambda}{e} = \cos(\gamma + \Delta)\sin\varphi,$$

et de plus

$$\sin\gamma = \sin(\gamma + \Delta)\cos\varphi,$$

d'où l'on tire la formule approximative

$$\text{tang}\,\gamma = \frac{\cos\varphi}{1-\cos\varphi}\,.\,\Delta\,.$$

Pour prouver, enfin, qu'on aura, de cette manière, la valeur de γ avec une exactitude suffisante, nous donnerons dans le tableau suivant les valeurs observées de φ et de Δ, aussi bien que celles de γ qu'on a calculées à l'aide de la formule précédente.

Raies.	φ	Δ	γ
E du 5ᵉ spectre	29° 30′ 1.″2	+ 3′ 16.″7	+ 47′ 33″
G du 6ᵉ „	20 5. 32.2	+ 2 58.6	+ 46 20
G du 5ᵉ „	16 38 8.7	+ 1 59.2	+ 45 40

Remarquons ensuite que, sauf les erreurs de la valeur de φ, dont les corrections ont été indiquées sous α), β) et γ), il y a celles produites par d'autres causes. Telles sont les erreurs occasionnées par des défauts de graduation du cercle, ou par ce que les spectres, de l'un et de l'autre côté de la ligne moyenne, ne se trouvent pas dans le même plan horizontal.

Il faut de plus que la face striée du réseau passe par l'axe de l'instrument, et que la fente du collimateur soit située à son foyer principal. Observons enfin que le défaut de centrage de la face striée se fait principalement sentir, quand les rayons, en sortant de collimateur, ne sont pas parallèles entre eux.

J'ai essayé de faire disparaître les erreurs de graduation, tant en observant des angles φ, appartenant aux spectres de divers ordres, que par l'emploi de différentes parties du cercle gradué. Quant aux autres circonstances qui ont pu influer sur l'exactitude des observations, j'ai tâché d'en diminuer, autant que possible, l'influence nuisible par l'ajustement même du réseau.

C) Détermination absolue des longueurs d'onde des raies du spectre solaire.

a) Discussion des observations faites avec les réseaux (I) et (II).

J'ai déjà publié, dans le Compte-rendu de l'Académie des Sciences de Stockholm, 1863, une série de mesures des longueurs d'onde, faites au moyen du réseau (I). Dans le calcul de ces déterminations, j'avais adopté, d'après les indications de M. NOBERT, le nombre 9,0155 lignes parisiennes, soit 20,3374 millimètres, comme représentant la largeur du réseau; mais cette valeur doit subir une diminution assez considérable. D'abord, une détermination préliminaire m'avait fourni, comme nous l'avons vu page 5, les valeurs suivantes pour les largeurs des réseaux:

$$(\mathrm{I}) = 20{,}3185^{\text{m.m.}} \qquad (\mathrm{II}) = 20{,}3157^{\text{m.m}},$$

d'où l'on trouve

$$\log e_1 = 7{,}65468 - 10 \quad \text{et} \quad \log e_{11} = 7{,}76468 - 10\,.$$

C'est en effet cette valeur du réseau (I) qui m'a servi dans le calcul des mesures *micrométriques* dont il sera question plus loin. Cependant, d'après les mesures définitives faites par M. THALÉN sur les largeurs des deux réseaux, leurs valeurs corrigées sont, à la température de 16° C., les suivantes:

$$(\mathrm{I}) = 20{,}31717^{\text{m.m.}} \qquad (\mathrm{II}) = 20{,}31557^{\text{m.m.}};$$

d'où l'on voit que la valeur préliminaire de la largeur du réseau (I) a été un peu diminuée.

En calculant, au moyen des nombres (I) et (II), les observations faites sur les longueurs d'onde, j'ai trouvé qu'il existe entre les déterminations obtenues par les deux réseaux, une discordance de 0,4, trop grande pour qu'on la puisse expliquer entièrement par des erreurs seules d'observation. Dans l'impossibilité de trouver une explication plausible de ce fait, je fus obligé de soumettre les deux réseaux à un examen scrupuleux, qui m'a conduit aux résultats suivants.

Le réseau (I) ne consiste pas d'une série continue de raies obscures et équidistantes: il y a deux lacunes, dont les largeurs occupent ensemble un espace de $\overset{\text{m.m.}}{0,015}$, tandis que l'écartement de deux traits consécutifs est en moyenne de $\overset{\text{m.m.}}{0,0045}$; d'où il résulte qu'on doit regarder le réseau (I) comme consistant en quelque sorte de trois réseaux individuels. Comme les rayons partant du collimateur arrivent parallèles entre eux vers le réseau, l'action combinée de ces trois éléments ne doit servir qu'à augmenter l'intensité des spectres de la seconde classe. Ainsi, en ajoutant les largeurs des trois parties du réseau, et en divisant la somme par le nombre des intervalles, on doit obtenir la valeur exacte de e. Or, la question la plus difficile est de savoir, combien d'intervalles sont représentés par la partie soustraite, dont la largeur est de $\overset{\text{m.m.}}{0,015}$. Faut-il admettre qu'ils sont au nombre de deux, ou de trois? Par des mesures particulières sur les largeurs des trois parties restantes qui constituent actuellement ce réseau (I), et en calculant le nombre des intervalles qu'occupe chacune de ces parties, nous avons trouvé, comme un résultat très-probable, que le nombre n de ces intervalles doit être

$$4497,$$

et que, par conséquent, les lacunes mentionnées correspondent à trois intervalles. En admettant cette valeur de n, on aura

$$\log e_1 = 7{,}654693 - 10,$$

dont la valeur diffère peu de celle primitivement admise.

C'est cette dernière valeur du log e qui m'a servi pour la révision de mes anciennes observations faites à l'aide du réseau (I), et qu'on trouve consignées dans le tableau suivant.

Résumé des observations faites avec le réseau (I).

Raies.	*1er Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*2e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*3e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*4e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*Moyenne.*
B	6867,16	2	6867,02	2	»	»	»	»	6867,10
C	6562,27	2	6561,97	3	6562,16	1	»	»	6562,10
D	5892,25	1	5892,18	2	5892,19	2	5892,03	3	5892,12
E	5269,08	2	5869,13	1	5269,11	4	5269,35	1	5269,13
b,	5183,38	2	5183,93	1	5183,18	1	5183,23	16	5183,25
F	4860,67	2	4860,62	2	4860,80	3	»	»	4860,71
G	4307,16	1	4307,16	3	»	»	»	»	4307,15
H	3968,03	2	[3966,67]	1	3968,00	2	3968,48	»	3968,17
H,	3932,20	1	3931,6	1	3930,80	1	3934,8	1	3932,40

A l'égard des valeurs données dans le tableau ci-dessus, je remarquerai que la raie *B* a été observée de nouveau, puisque, dans mes anciennes observations, ce ne fut pas la

raie B elle-même qui fut visée, mais le milieu de la bande environnante, circonstance qui avait amené une valeur un peu trop grande.

De même, j'ai déterminé de nouveau la raie G du deuxième spectre, mais, il faut le dire, il est bien difficile de la voir distinctement, du moins sur l'un des côtés de la normale du réseau.

Résumé des observations faites avec le réseau (II).

Raies.	*2e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*3e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*5e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*6e Spectre.*	*Nombre des Obs.*	*Moyenne.*
A	7604,0	»	»	»	»	»	»	»	7604,00
B	6866,80	2	6866,96	2	»	»	»	»	6866,90
C	6562,01	1	6561,81	1	6562,10	2	6562,23	3	6562,12
D	»	»	5892,23	1	5892,12	4	5892,13	6	5892,13
E	»	»	5269,07	2	5269,12	14	5269,18	21	5269,13
F	»	»	4860,87	1	4860,76	4	4860,71	3	4860,75
G	»	»	4367,34	1	4307,30	2	4307,11	3	4307,22
$H_{\prime}$	3967,9	1	3968,0	1	3968,22	2	»	»	3968,11
$H_{\prime\prime}$	3933,8	1	3933,1	1	3932,8	1	»	»	3933,10

Les longueurs d'onde, données dans les tableaux précédents, ont été calculées d'après la formule bien connue

$$\log \lambda = \log \sin \varphi + \log \frac{e}{N} + \zeta ,$$

où ζ signifie la correction que doit subir le $\log \lambda$, soit relativement aux erreurs commises dans l'orientation du réseau, soit à cause des variations de température. J'ai tout-à-fait négligé l'influence des variations de la pression atmosphérique, car elles étaient toujours d'une grandeur si minime qu'elles ne pouvaient jamais influer sensiblement sur les valeurs des longueurs d'onde. J'ai omis aussi les corrections dues au mouvement du réseau, puisqu'on peut regarder toute cette question comme n'étant pas encore résolue d'une manière définitive. En outre, comme le temps moyen de toutes les observations est assez peu éloigné de l'heure de midi, on peut, avec beaucoup de raison, considérer les corrections mentionnées comme peu considérables.

Je ne juge pas nécessaire de reproduire ici en détail toutes les observations qui m'ont servi de base pour le calcul des valeurs moyennes données dans le tableau ci-dessus, d'autant plus que les valeurs relatives des longueurs d'onde des raies principales de Fraunhofer, trouvées par des observateurs différents, ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres. Cependant, comme la raie E m'a servi comme le vrai point de départ dans les mesures micrométriques, et que je l'ai observée avec tout le soin possible, je crois devoir donner en détail les observations faites sur cette raie, afin que le lecteur puisse juger par là, même à l'égard des valeurs absolues, de l'exactitude des résultats trouvés.

Observations sur la raie E.

Date.	Heure.	Nombre des Obs.	φ	Temp.	Δ	Numéro du Spectre.	log λ	λ
Mai 6	12ʰ 30ᵐ	2	20°29′ 52″,7	10°,2	0′21″,5		72173,8	5269,12
10	12 30	1	20 30 1,3	8,6	3 17		72173,6	5269,10
»	12 42	1	20 29 54,5	9,0	0 12		72174,4	5269,19
Juin 21	1 30	1	20 29 48,5	17,9	0 37	5ème Spectre.	72174,0	5269,14
Août 18	1 50	2	20 29 42,6	27,5	1 34		72174,3	5269,18
23	1 0	1	20 29 42,1	25,1	2 0		72173,0	5269,02
30	10 12	2	20 29 47,1	17,4	0 7		72174,2	5269,17
Sept. 5	1 0	2	20 29 45,3	16,2	0 25		72172,9	5269,01
6	12 40	2	20 29 44,3	18,2	»		72173,2	5269,05
						Moy.	72173,7	5269,11
Août 18	1ʰ 12ᵐ	2	24°50′ 40″,7	27,3	3′ 46″		72173,6	5269,10
»	1 40	1	24 50 37,2	27,4	2 14		72173,6	5269,10
»	1 25	1	24 51 28,5	27,4	10 51		72174,0	5269,14
19	4 0	1	24 50 34,5	27,6	0 49		72173,5	5269,08
23	12 30	2	24 50 40,0	25,1	2 40		72173,8	5269,12
24	11 10	1	24 50 37,1	20,8	0 11		72172,7	5268,99
30	10 12	2	24 50 43,8	17,4	0 10	6ème Spectre.	72174,5	5269,20
»	11 30	1	24 50 44,0	18,0	»		72174,8	5269,24
»	5 9	2	24 50 42,5	18,7	0 27		72174,4	5269,19
31	10 37	2	24 50 42,7	18,1	0 30		72174,3	5269,18
Sept. 1	8 10	1	24 50 43,7	16,8	»		72174,2	5269,17
3	11 26	2	24 50 44,8	13,2	0 27		72173,8	5269,12
»	1 0	1	24 50 45,2	13,5	»		72174,1	5269,15
5	1 20	2	24 50 43,7	16,0	»		72174,0	5269,14
						Moy.	72173,9	5269,13

Je remarquerai, par rapport aux observations faites dans le cinquième spectre pendant les mois de mai et de juin, que, la fente du collimateur n'étant pas ajustée au foyer, les rayons sont sortis convergents de l'objectif de ce tube, ce qui m'a obligé de diminuer d'une quantité égale à 3,″9 les valeurs observées de l'angle φ. Cette correction fut trouvée par deux séries d'observations faites, toutes les deux, dans le sixième spectre, mais dans des circonstances différentes. Dans la première, j'ai employé le même tirage du collimateur qu'aux observations du cinquième spectre; dans la seconde, la fente fut exactement ajustée au foyer principal. En comparant entre elles les deux valeurs ainsi trouvées, j'ai obtenu la dite correction égale à 4,″8 pour le sixième spectre, d'où l'on tire le nombre 3,″9 pour le cinquième.

Quant aux corrections de température, il se présente ici une difficulté qui je n'ai pas signalée auparavant, savoir celle de déterminer exactement la température du réseau. Comme il est presque impossible de connaître la vraie température du réseau, pour en déduire la correction nécessaire, j'ai cherché à en diminuer autant que possible l'échauffement dû aux

rayons solaires à leur passage par le verre. A cet effet, j'ai fait passer, avant son arrivée à la fente, le faisceau de la lumière solaire à travers une couche d'eau, d'une épaisseur de 20 centimètres et renfermée dans un vase, dont les parois consistaient de plaques en verre suffisamment polies et parallèles. Mais, en comparant les valeurs de λ, déduites de ces observations, avec celles où l'on n'avait pas pris la dite précaution, je n'ai trouvé aucune différence sensible.

L'axe du collimateur fut dirigé, pendant ces observations, à peu près à 11°,6 du sud à l'est.

Je dirai enfin, pour ne rien oublier, que le verre même du réseau (II) présente en réalité la forme d'une lentille convexe, dont la courbure est toutefois très-faible, et de plus, que la distance de vision distincte est un peu différente des deux côtés de la normale du réseau. Cependant, pour qu'on puisse suffisamment comprendre combien est minime l'influence de ces défauts du réseau, j'ajouterai que, si l'on a disposé la lunette de manière à voir nettement la fente, quand le réseau a été enlevé, on distingue très-bien, dans le cinquième et dans le sixième spectre, le réseau remis à sa place et le point de la lunette restant invariable, la raie double de E.

Je pense donc que la valeur de la longueur d'onde de cette raie E, obtenue à l'aide du réseau (II), c'est-à-dire

$$\lambda_E = 5269{,}18$$

doit être regardée comme *suffisamment exacte*, et en outre, que l'erreur moyenne à craindre de cette valeur, pour autant qu'elle dépend des mesures de e et de φ, ne doit pas excéder $\pm$ 0,05.

β) Discussion des observations faites avec les réseaux (III) et (IV).

Pour vérifier encore les déterminations faites au moyen des réseaux (I) et (II), j'ai employé non-seulement le réseau noir (III), mentionné auparavant, mais encore un réseau (IV) tout-à-fait nouveau que m'avait envoyé M. NOBERT au printemps de cette année. Ce dernier réseau a 3601 raies, tracées sur une largeur de 9 lignes parisiennes. Par conséquent, en comparant entre eux les quatre réseaux (III), (II), (IV) et (I), on trouve que les distances de leurs traits se rapportent comme les nombres 2, 3, 4 et 5.

Les mesures de la largeur du réseau (III), prises par M. THALÉN, d'après la méthode employée pour les réseaux (I) et (II), sont réunies dans le tableau suivant.

Largeur du réseau (III).

Double-centimètre.	*Largeur observée.*	*Température.*	*Double-centimètre.*	*Largeur observée.*	*Température.*
400 – 420	18,0453	+ 24,7	500 – 520	18,0407	+ 25,0
420 – 440	18,0510	24,6	520 – 540	18,0484	26,8
440 – 460	18,0593	25,7	540 – 560	18,0520	26,1
460 – 480	18,0594	24,9	560 – 580	18,0525	26,8
480 – 500	18,0541	24,9	580 – 600	18,0468	26,8
Moy.	18,0538	+ 24,7	Moy.	18,0480	+ 26,4

La moyenne 18,0509 à $+ 25^\circ{,}6$, réduite à 16° et corrigée pour les erreurs de la vis, devient 18,05373 et ainsi

$$\log e_{III} = 8{,}052447 - 10 .$$

A l'aide de cette valeur de e et par les valeurs suivantes de φ,

$$\varphi_5 = 13^\circ\ 29'\ 53{,}''6 \quad à \quad + 23^\circ{,}3 \quad \text{(8 observations)}$$

$$\varphi_6 = 16^\circ\ 15'\ 57{,}''8 \quad à \quad + 23^\circ{,}6 \quad \text{(3 observations)} ,$$

on trouve

$$\lambda_{E_5} = 5267{,}75$$

$$\lambda_{E_6} = 5267{,}73 .$$

La différence entre cette valeur de λ_E et celle que j'ai obtenue à l'aide du réseau (II) n'est pas moins de 1,4, quantité beaucoup trop grande pour qu'on puisse l'expliquer par des erreurs d'observation. Le réseau (III), ne présentant, à l'examen sous le microscope, pas le moindre défaut par rapport à l'aspect et à l'écartement des raies, et le nombre de celles-ci ayant été vérifié comme parfaitement exact, il me fallut chercher ailleurs la cause de la différence trouvée. La seule circonstance que j'aie pu découvrir pour son explication, consiste en ce que le réseau est très-convexe, imperfection que j'ai pu constater d'une manière évidente, non-seulement au moyen du microscope, mais aussi en l'introduisant entre les deux lunettes du spectromètre. Remarquons de plus qu'en laissant invariable le tirage de la lunette, on n'obtient jamais par ce réseau des images bien distinctes sur les deux côtés de la normale du réseau. Il me semble donc qu'on doit attribuer la différence observée aux causes dont je viens de rendre compte, et qu'il s'ensuit que la valeur de λ_E, obtenue par le réseau (III), ne possède pas la même exactitude que celle trouvée à l'aide du réseau (II).

Ainsi, quoique le réseau ne soit pas doué de qualités assez bonnes, pour qu'il puisse fixer la position de la raie fondamentale E, il peut néanmoins servir avantageusement à la détermination de la raie A. Dans ce but, j'ai observé simultanément les raies D et A, et en admettant

$$\lambda_D = 5892{,}13 ,$$

j'ai obtenu pour A les valeurs suivantes:

1er Spectre.	*2ième Spectre.*	*Moyenne.*
7604,8	7603,5	7604,1

Cette valeur de A, dont l'accord avec celle qu'a donnée le réseau (II) est presque parfaite, doit être sûre à une unité près. Mais, il faut le dire, la valeur trouvée se rapporte au milieu de la bande très-large dont consiste réellement cette raie et dont l'épaisseur est 13 unités d'environ.

Le réseau (IV), présentant au microscope des inégalités de division en plusieurs endroits, surtout vers l'un de ses bords, est inférieur en qualité au réseau (II). Il faut remarquer de plus, que, dans les spectres d'un ordre élevé, il est impossible d'obtenir, sur l'un des côtés de la normale, une image distincte et correcte de la raie double E, d'où il suit qu'on ne peut pas espérer d'arriver, par l'emploi de ce réseau, à des résultats bien exacts.

Voici un autre phénomène assez curieux que je n'ai jamais observé auparavant: le troisième spectre est traversé, sur l'un des côtés de la normale, par des bandes colorées, fort larges, qui rendent l'observation de ce spectre singulièrement difficile.

Les mesures de la largeur du réseau (IV), faites aussi à l'aide du double décimètre de la vis, dont nous avons donné déjà la longueur exacte, ne furent cependant pas répétées, comme à l'ordinaire, le long du double-decimètre, mais furent prises seulement à quatre endroits de sa longueur. Les nombres trouvés, réduits à la valeur moyenne du double-décimètre, sont les suivants:

Largeur du réseau (IV).

Double-centimètre.	*Largeur réduite.*
400 – 420	20,31134
460 – 480	20,31025
500 – 520	20,30984
520 – 540	20,31024

Moy. = 20,31042 à + 24°,1.

Ainsi, la largeur en question. exprimée en mesure métrique à 16°,0, sera 20,31377 m.m. et par suite

$$\log e_{IV} = 7{,}751488 - 10\,,$$

d'où l'on tire les valeurs suivantes de λ_E, obtenues par des observations dans le 2ième, le 4ième et le 5ième spectre:

2e Spectre.	*4e Spectre.*	*5e Spectre.*	*Moyenne.*
5270,36	5270,53	5270,48	5270,46

Comme on le voit, cette valeur de λ_E dépasse de 1,4 la valeur donnée par (II), et elle est ainsi tout juste le même nombre de fois plus grande, que la valeur obtenue par le réseau (III) était trop petite. La différence trouvée, qu'on ne peut expliquer par des erreurs d'observation, doit dépendre presque entièrement des imperfections du réseau.

En résumé, la moyenne des deux déterminations, faites avec les réseaux (III) et (IV), quoiqu'elles soient de beaucoup inférieures en exactitude à celles des réseaux (I) et (II), peut servir néanmoins comme une espèce de vérification de la valeur obtenue par les deux autres réseaux.

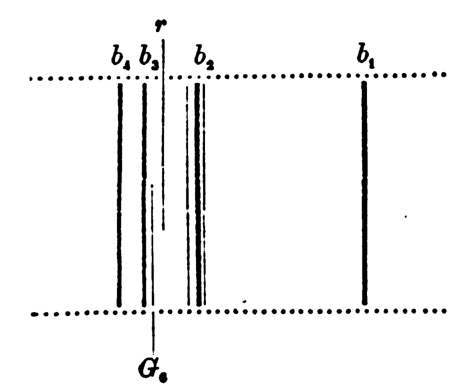
γ) Coïncidence des raies des spectres de différent ordre.

L'accord presque parfait qui existe entre les deux séries de valeurs trouvées par les éseaux (I) et (II), nous autorise à conclure que ces valeurs doivent être justes à 0,1 près, xactitude qui sera sans doute assez satisfaisante dans la plupart des cas. Cependant, pour érifier ultérieurement l'exactitude relative des nombres obtenus, je me suis aussi servi d'une néthode nouvelle, autant que je sache, et susceptible d'une précision très-grande. Elle coniste dans l'observation des coïncidences que présentent les raies des spectres de différent rdre. Mais, pour qu'on s'en puisse servir avantageusement, elle exige avant tout un réseau le qualité supérieure. Il faut de plus que les rayons incidents soient normaux au plan du réeau, et qu'on fasse des observations des deux côtés de la normale; car, si le réseau n'a as été parfaitement ajusté, il arrive que les raies obscures appartenant aux spectres de diférent ordre, se déplacent inégalement des deux côtés de la normale du réseau.

La méthode en question a été employée de préférence dans la détermination de la ongueur d'onde de la raie *G*, dont les valeurs, trouvées par des observateurs divers, préentent des discordances fâcheuses.

Les déterminations de cette raie à l'aide du réseau (II), ont, je le crois, toute l'exactitude lésirable. Dans le cinquième et le sixième spectre, j'ai pu discerner d'une manière parfaite a raie noire *G*, des bandes obscures et très-larges, formées par la réunion d'un grand nomre de raies plus faibles, qui se trouvent principalement placées vers le côté de la moindre éfrangibilité. En outre, comme nous le prouve le tableau page 19, les mesures de cette aie sont très-concordantes entre elles. Cependant, pour ne rien laisser à désirer au point e vue de l'exactitude de cette raie, je donnerai, en détail, le résultat trouvé par la nouvelle iéthode.

Comme l'indique la figure ci-contre, la raie *G* du sixième spectre et une autre aie du fer du quatrième se trouvent situées entre les deux raies b_3 et b_2 qui appartiennent au cinquième spectre. Supposé maintenant qu'on connaisse la longueur d'onde de b_3 du 5ième spectre, et qu'on en mesure exactement la distance de la raie *G*, observée tout auprès, on aura de cette manière la longueur d'onde de la raie *G* à sa place actuelle dans le 5ième spectre, puis, par une réduction très-facile, la longueur d'onde qui correspond à la position véritable dans le spectre du 6ième ordre.



En opérant de cette manière, j'ai trouvé par des déterminations faites sur les deux côtés de la normale du réseau, la distance entre la raie b_3 et celle de *G* égale à $\frac{1}{6}$ de la distance entre b_3 et b_4. Les longueurs d'onde e b_3 et b_4 étant connues, on en peut conclure qu'une raie du 5ième spectre qui coïnciderait vec *G*, aurait la longueur d'onde

$$5168{,}80\,;$$

; en multipliant ce nombre par $\frac{5}{6}$, on aura enfin pour *G*

$$\lambda_G = 4307{,}33\,.$$

La valeur ainsi trouvée, coïncide presque parfaitement, comme on le voit, avec celle qui a été directement déterminée à l'aide du réseau (II).

Remarquons que, pour retrouver la valeur de G, donnée par M.M. WILLIGEN et MASCART, il faudrait que cette raie eût été déplacée vers la raie b_2 d'une quantité au moins égale à la distance entre b_3 et b_4, mais je suis bien sûr de n'avoir pas commis d'erreur de cette grandeur.

A l'aide des mesures micrométriques, j'ai trouvé aussi que la raie C du 4ième spectre coïncide avec une raie près de E, dont la longueur d'onde est égale à 5249,7; et que C du 3ième spectre, située entre C et F du 4ième, correspond à la longueur d'onde 4921,33, d'où l'on aura, en multipliant ces nombres par $\frac{5}{4}$ et $\frac{4}{3}$ respectivement, les valeurs

$$\begin{array}{r} 6562{,}20 \\ 6561{,}97 \\ \hline 6562{,}09\,. \end{array}$$

et la *moyenne* 6562,09.

Pour la raie B du 4ième spectre, coïncidante avec une raie du 5ième, dont la longueur d'onde est égale à 5493,63, on obtient

$$\lambda_B = 6867{,}0\,.$$

Enfin, les deux raies D du 8ième spectre se présentent entre E et b, et très-près de deux fortes raies du fer dans le 9ième spectre. Les mesures ont donné les relations suivantes:

$$\lambda_{D_1} = \tfrac{9}{8} \,.\, 5234{,}75 = 5889{,}09$$

$$\lambda_{D_2} = \tfrac{9}{8} \,.\, 5240{,}15 = 5895{,}17$$

et par suite, on aura la moyenne 5892,13.

Ainsi, eu égard aux coïncidences dont je viens de parler, j'adopte les nombres qui suivent, comme des valeurs *définitives* pour les longueurs d'onde des raies principales de Fraunhofer:

$A = 7604{,}0$	$D = 5892{,}12$	$G = 4307{,}25$
$B = 6867{,}0$	$E = 5269{,}13$	$H_1 = 3968{,}1$
$C = 6562{,}1$	$F = 4860{,}72$	$H_2 = 3933{,}0$.

δ) Comparaison des résultats précédents avec ceux de Fraunhofer.

Les déterminations des longueurs d'onde, faites par FRAUNHOFER, méritent un intérêt particulier, non-seulement parce qu'il a étudié le premier et d'une manière aprofondie les lois des phénomènes optiques qu'on observe dans les réseaux, mais aussi à cause de l'exactitude admirable qui distingue ses recherches.

D'abord, les réseaux de Fraunhofer étaient formés de fils métalliques très-minces, enroulés sur deux vis parallèles. Toutefois, les longueurs d'onde ainsi déterminées ne compor-

tent pas une grande précision, et elles sont très-inférieures à celles qu'il a obtenues depuis à l'aide de réseaux tracés sur verre. Les deux réseaux de cette nature, dont il a livré les mesures à la postérité, étaient très-inégaux: dans l'un, que nous désignerons par F_a, le nombre des lignes était 3601, et leur écartement 0,0001223 pouce, mais dans l'autre, F_b les lignes étaient écartées de 0,0005919.

En calculant ses propres observations, Fraunhofer s'est restreint aux mesures faites dans le premier spectre et avec le réseau F_a; et pour pouvoir déterminer la largeur du réseau, il fut obligé de tracer de nouveau et plus profondément les traits extrêmes. Il est donc forte à craindre que cette opération délicate n'ait été de nature à introduire, dans la largeur de ce réseau, des erreurs plus ou moins considérables.

D'un autre côté, quoique les intervalles des traits de l'autre réseau fussent certainement plus grands que ceux du premier dont nous venons de parler, il n'y aura pas de raison pour qu'on doive rejeter entièrement les déterminations ainsi obtenues. Voilà donc pourquoi j'ai jugé utile de calculer toutes les observations qui se trouvent dans le Mémoire mentionné de Fraunhofer. Les résultats ont été réunis dans le tableau suivant.

Longueurs d'onde d'après les mesures de FRAUNHOFER.

Réseau.	*C*	*Spectre.*	*D*	*Spectre.*	*E*	*Spectre.*	*F*	*Spectre.*	*G*	*Spectre.*	*H*	*Spectre.*
F_a	2422,00	1	2174,58	1	1944,81	1	1793,98	1	1586,87	1	1464,0	1
	2421,54	2	2174,36	2	1944,63	2	1793,92	2	1588,09	2	»	»
Moy.	2421,77	»	2174,47	»	1944,72	»	1793,95	»	1587,48	»	1464,0	»
F_b	2425,35	1	2177,55	1	1947,25	1	1796,39	1	1590,16	1	1464,0	1
	»	»	[2176,80]	2	[1946,63]	2	1795,99	2	1591,07	2	1463,7	2
	»	»	2177,64	3	1947,28	3	1796,09	3	1590,90	3	»	»
	»	»	2177,48	4	1947,18	4	1796,10	4	»	»	»	»
	»	»	2177,25	5	1947,21	5	»	»	»	»	»	»
Moy.	2425,35	»	2177,48	»	1947,22	»	1796,14	»	1590,71	»	1463,8	»

En exprimant ces valeurs en *millimètres*, on aura

Réseau.	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
F_a	6555,9	5886,3	5264,3	4856,2	4297,3	3963,0
F_b	6565,4	5894,4	5271,1	4862,1	4306,0	3962,2
Moy.	6560,6	5890,4	5267,7	4859,2	4301,7	3962,6

Ainsi, en prenant les *différences* entre mes valeurs, données page 25, et celles de FRAUNHOFER, on trouve les nombres suivants:

Réseau.	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
Å. − F	+ 1,5	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,4	+ 5,4	+ 5,4
Å. − F_b	− 3,3	− 2,3	− 2,0	− 1,5	+ 1,2	+ 5,9

On voit donc de ce qui précède:

1:o que les longueurs d'onde, déduites de mes observations, tombent entre celles que donnent les deux réseaux de Fraunhofer, et de plus, que les miennes se rapprochent beaucoup de la série du réseau F_b. Et en effet, l'examen des nombres des deux séries nous prouve évidemment que les longueurs d'onde obtenues à l'aide du réseau F_b méritent plus de confiance.

2:o. Comme on le sait, il existe entre les auteurs des opinions différentes à l'égard du nombre 5888, donné par Fraunhofer comme la valeur de D; les uns supposent que ce nombre doive correspondre à la plus forte des deux raies D, les autres qu'il se rapporte à leur milieu. Or, comme nous le montrent les observations mêmes, c'est évidemment le milieu des deux raies que Fraunhofer a observé, et on trouve de plus que la longueur d'onde correspondante, déduite uniquement des observations avec le réseau F_a, doit être 5886, et non plus 5888, comme tout le monde l'a admis.

Voici, en outre, une remarque importante que l'on peut faire par rapport à ces deux réseaux de Fraunhofer.

On a admis jusqu'à présent qu'il serait très-avantageux d'augmenter autant que possible, pour une largeur donnée du réseau, le nombre de ses lignes; et ainsi, on a préféré, par exemple, tracer 3000 lignes sur une largeur de six ou de sept millimètres, au lieu de les distribuer sur une largeur de vingt. Selon mon expérience, c'est pourtant le dernier cas qui est le plus favorable, et voici la raison.

D'abord, si l'écartement des lignes devient très-petit, les erreurs inévitables qu'on commet en traçant les raies, seront comparables en grandeur aux intervalles mêmes, et par suite, les spectres deviendront nécessairement confus et très-indistincts. De plus, le nombre des lignes restant constant, la largeur des spectres de la deuxième classe, d'après la dénomination de Fraunhofer, sera proportionnelle aux angles de déviation, et ainsi, quoique l'exactitude des mesures de φ augmente avec la finesse du réseau, ce sera presque le contraire qui aura lieu par rapport à la clarté et à la richesse des détails des spectres. Disons enfin, qu'en grandissant la largeur du réseau, on augmentera en même temps l'exactitude de la valeur de e, dont la détermination présente des difficultés essentielles, et on comprendra donc de tout ce que je viens de dire, qu'on ne doit jamais employer des réseaux d'une largeur trop minime.

Pour en donner un exemple, comparons entre eux les deux réseaux Å (II) et le n° 3 de M. MASCART, dont le nombre de lignes est à peu près égal, savoir

le nombre de lignes de Å (II) = 2701,
„ „ „ M(3) = 2401.

La dispersion du 6ième spectre du réseau (II) est aussi presque de la même grandeur que celle du 2ième spectre pour le réseau n° 3.

En calculant les largeurs que doivent avoir les spectres de la deuxième classe, on les trouve égales à 11,″6 pour (II), mais 36″ pour le n° 3. De plus, la distance angulaire entre les deux raies de E étant dans le 6ième spectre de (II) égale à 17″, ce qui doit être aussi leur écartement dans le 2ième spectre du réseau n° 3, on voit que cet angle équivaudra, dans le premier cas, à 1,5, mais dans le second à 0,5 de la largeur des spectres correspondants de la deuxième classe. Il suit de là que les détails du 6ième spectre du réseau (II) doivent se présenter trois fois mieux déterminés que ne peut les donner le n° 3 dans son 2ième spectre; mais en outre, toutes choses égales d'ailleurs, puisque la largeur est trois fois plus grande, la détermination de la valeur de e doit être aussi trois fois plus exacte, dans le cas de (II), qu'elle ne le sera dans le cas du n° 3.

3. Mesures micrométriques.

Quand il s'agit des spectres d'un ordre plus élevé, la distance angulaire entre deux raies principales de Fraunhofer étant beaucoup trop grande, pour qu'on puisse les voir simultanément dans le champ de vision de la lunette, j'ai divisé chacun de ces intervalles en quatre ou cinq parties, et j'ai déterminé, à l'aide de la vis micrométrique, les positions de toutes les raies que j'ai pu distinguer dans chaque section. Afin que les mesures mêmes donnent une vérification désirable de leur exactitude, je les ai prises non-seulement dans le sixième spectre, mais aussi dans le cinquième; exceptons cependant les régions rouges et violettes, où, vu la faiblesse de la lumière, je fus obligé de restreindre mes observations aux spectres d'un ordre moins élevé.

Pour éliminer les erreurs produites par des irrégularités de la vis micrométrique, les observations ont été faites sur les deux côtés de la normale du réseau. La moyenne prise entre ces déterminations m'a donné les longueurs d'onde des raies de la manière suivante.

Supposons qu'il s'agit de la partie située entre les raies E et D. Après avoir divisé tout l'intervalle en cinq parties et en prenant les mesures à l'aide de la vis micrométrique, j'ai obtenu le nombre 8643,7 de divisions sur le tambour de la vis comme correspondant à toute la distance mesurée entre les raies E et D. Les déterminations absolues des longueurs d'onde appartenant aux raies principales m'ont immédiatement montré que la distance angulaire entre ces raies est dans le 6ième spectre égale à 3° 10′ 46″. Par conséquent, la formule

$$8643{,}7\ r = 11446''$$

nous donnera le nombre r, par lequel il faut multiplier les divisions m de micromètre pour en déduire l'angle de déviation φ et la longueur d'onde, d'après les formules

$$\varphi = \varphi_0 + mr$$
$$\log \lambda = K_n + \log \varphi \quad ^{*)} .$$

Pour faire connaître la valeur de k et celles des angles de déviation φ_0, correspondantes aux raies principales qui m'ont servi de points de départ, je renvoie le lecteur aux tableaux pages XI et XII.

Voici de plus les valeurs de λ pour les raies principales de Fraunhofer, sur lesquelles se basent les déterminations de φ:

B = 6866,80	F = 4860,60
C = 6561,82	G = 4307,23
D = 5891,98	h = 4101,18
E = 5268,98	H = 3967,90 .

Les nombres précédents diffèrent un peu des valeurs moyennes trouvées ci-dessus au moyen des réseaux (I) et (II). Mais, la différence ascendant dans son maximum à 0,3 seulement de l'échelle adoptée, il sera facile d'appliquer la correction aux mesures micrométriques, à l'aide du tableau suivant

B . . . . + 0,20	F . . . . + 0,14
C . . . . + 0,28	G . . . . + 0,02
D . . . . + 0,14	h . . . . + 0,00
E . . . . + 0,15	H . . . . + 0,20 .

Il est évident, du reste, que, s'il était nécessaire à l'avenir de faire subir quelques minimes variations aux valeurs trouvées de λ des raies principales de Fraunhofer, cette circonstance ne diminuera pas l'utilité ni l'usage de nos mesures micrométriques, auxquelles on pourra toujours et sans difficulté appliquer les corrections correspondantes.

Quant à l'exactitude des valeurs des longueurs d'onde, je pense que, pour ce qui concerne les raies fortes, l'erreur commise ne montera pas à $\frac{1}{10}$ de l'unité adoptée, ce qu'on peut conclure aussi des différences données dans notre tableau entre les valeurs du cinquième spectre et celles du sixième. Par contre, pour les raies faibles, les erreurs commises seront sans doute un peu plus grandes. En effet, en les amenant au voisinage du réticule, il arrive ordinairement que leur intensité diminue de plus en plus, et même qu'elles s'évanou-

*) Ce calcul, à la vérité très-simple, serait néanmoins devenu singulièrement pénible par sa répétition de trois mille fois à peu près, si je n'avais eu le bonheur d'être assisté, dans ce travail, par M.M. les Docteurs ALMQUIST, HILDEBRANDSSON et LUNDQUIST. Je saisis avec empressement cette occasion de leur témoigner ma sincère gratitude pour le concours bienveillant qu'ils m'ont prêté.

ınt tout-à-fait au croisement même des fils. En outre, l'observation de certaines parties spectre est très-difficile; je me borne à indiquer ici une certaine partie entre F et G. ; raies, faibles en elles-mêmes, le deviennent encore davantage par la nécessité d'employer milieux colorants pour éteindre les rayons forts qui, doués de couleurs différentes, ap-tiennent aux spectres d'un ordre moins élevé, et se présentent simultanément dans le mp de vision de la lunette.

Plusieurs des raies Fraunhofériennes sont en réalité des raies doubles, qu'on pourrait ssifier de la même manière que le font les astronomes par rapport aux étoiles. On distin-rait donc les raies véritablement doubles de celles dont la duplicité n'est qu'apparente. si, dans le premier groupe, on devrait comprendre les raies qui dérivent toutes deux de même substance, laquelle est ordinairement le fer; le second groupe contiendrait, par con-, celles dont l'origine est différente pour chacune des deux raies qui constituent actuelle-ıt la raie double.

Sans tenir compte de ces circonstances, j'ai mesuré séparément chaque raie indivi-lle de ces doubles raies, aussitôt que leur distance réciproque a été suffisamment grande; is quand cela n'a pas eu lieu, j'ai donné seulement la position de leur milieu. Du reste, spectres de la "deuxième classe" ayant toujours une certaine largeur, qui s'élève, dans cas du réseau (II), à 11 ou à 12 secondes, on comprend bien que le pouvoir du réseau ır résoudre ces raies doubles doit être limité. Cependant, pour qu'on puisse distinguer l'une ces raies de l'autre, il n'est pas nécessaire que leur distance angulaire soit égale à toute largeur du spectre. Il suffit déjà, comme me l'ont fait voir les expériences faites avec le ɜau (II), que cette distance soit égale à la moitié de la largeur mentionnée, d'où il suit ɔn doit voir séparées toutes les raies du 6ième spectre, dont les longueurs d'onde diffèrent re elles de 0,3 ou plus de l'unité auparavant adoptée.

Les tableaux pages I—XII contiennent toutes les raies, dont j'ai mesuré directement longueurs d'onde. Comme il serait très-utile de connaître pour chaque raie individuelle, -seulement sa longueur d'onde, mais aussi son intensité, son origine et tous ses autres actères, j'ai l'intention de donner une description détaillée de ces divers faits, mais je crois oir l'ajourner jusqu'au moment où je pourrai donner aussi les longueurs d'onde des raies a-violettes, et même, s'il est possible, celles des raies thermiques. Cet ajournement me aît d'autant plus opportun, que, malgré tout le soin possible, on n'évitera jamais, dans recherche de cette nature, des erreurs ou des indications insuffisantes, que l'expérience uise dans l'intervalle peut corriger et compléter plus ou moins.

Pour le présent, je me borne donc à donner le tableau suivant, qui contient les lon-urs d'onde des 150 raies les plus fortes du spectre solaire, accompagnées de l'indication leurs apparences et de leur origine, qui toutefois m'est inconnue pour trois d'entre s.

Les nombres inscrits dans la première colonne du tableau, se rapportent aux planches M.M. KIRCHHOFF, HOFFMANN *) et THALÉN **); ils indiquent les raies qui m'ont servi de ıts de départ dans les mesures micrométriques.

*) Abhandl. d. K. Preuss. Akad. d. Wiss. Berlin, 1861 & 1862.
**) K. Wetenskaps Akad:s Handlingar, B. 5. Stockholm 1865.

Longueurs d'onde des raies Fraunhofériennes les plus fortes.

Raies.	Longueur d'onde.	Willigen -Ångström	Ångström -Ditschein.	Remarques.
A	7604,0	+5,2	—	Raie tellurique.
a	7184,7 7182,5	5,0	—	Raie tellurique.
B	6867,10	4,2	—	Raie tellurique.
641,0	6717,16	—	—	Ca
C	6562,10	3,5	+2,6	Hydrogène.
	6515,80	3,6	+2,1	Raies telluriques.
	6495,12	—	+1,7	
	6494,18	3,5	—	Fe
	6461,98	—	—	Ca
	6449,27	—	—	
	6438,35	—	—	
	6430,12	—	—	Fe
	6410,62	—	—	Fe
757,0	6399,28	—	—	Fe, très-forte.
	6336,16	—	+0,7	Fe
	6277,09	—	—	Raies telluriques.
α	6276,32	3,7	—	
815,1	6264,31	—	—	Fe
	6245,62	—	—	Fe
	6229,91	—	+0,7	Fe
	6190,71	3,8	+1,3	Fe
	6168,48	—	+0,2	Ca
	6161,40	3,5	+0,9	
	6140,81	—	+0,2	Ba
876,5	6136,82 6135,82	3,3	+0,6	Fe
	6121,34	3,9	+0,4	Ca
	6101,92	3,3	+0,4	
	6077,80	—	—	Fe
	6064,70	—	—	Fe et Ti
931,4	6023,16	—	—	Fe
	6020,91	—	—	Mn
	6019,33	—	—	Fe
	5974,79	—	+0,0	Fe
	5913,30	—	—	Fe
D_{11}	5895,13	3,5	+0,7	Na
D_1	5889,12	3,5	+0,5	Na
	5856,60	—	+0,4	Ca
1096,0	5762,04	—	+1,1	Fe
	5708,45	—	−0,3	Fe
	5681,52	—	+0,7	Na et Fe
1174,2	5657,70	—	+0,6	Fe
	5623,36	3,6	−0,1	Fe
	5614,65	3,4	+1,0	Fe, forte.
	5601,84	—	+0,3	Fe
	5597,69	—	+0,5	
	5593,56	—	—	Ca
	5585,69	—	+0,5	Fe
	5571,82	—	+0,2	Fe
1280,0	5527,54	4,4	+0,9	Mg, forte.
	5500,65	—	−0,3	Fe
	5462,44	—	+0,6	Fe
	5454,84	3,5	+0,3	Fe, très-forte.
	5446 07	—	+0,4	Fe et Ti
	5444,38	—		Fe
	5428,96	—	+0,8	Fe et Ti
1390,2	5404,95 5403,28	—	+0,9	Fe Fe et Ti
	5370,65	3,2	+1,3	Fe, très-forte.
	5369,15	—	—	Fe, forte.
	5339,85	—	+0,1	Fe, double.
	5327,42	3,1	+0,4	Fe, double.
	5323,50	—	—	Fe
	5296,70	—	+0,3	Ti
E	5269,59 5268,67	3,3	+0,5	Ca et Fe Fe
	5265,94	—	—	Fe } Entre ces deux raies,
	5264,68	—	—	Ca } une raie de Co.
	5232,24	2,8	+0,6	Fe
	5226,38	3,2	+1,2	Fe et Ti, raie *triple*, très-forte.
	5207,78	—	+0,3	
	5205,37	—	—	Cr
	5203,88	—	—	Fe
	5201,79	—	—	Fe
b_1	5183,10	3,2	+1,5	Mg
b_2	5172,16	2,9	+0,9	Mg
b_3	5168,48	2,9	—	Ni et Fe
		3,2	—	
b_4	5166,88	2,7	+1,1	Mg et Fe
	5138,78	—	—	Fe
	5107,16	—	−1,4	Fe
	5099,19 5098,28	3,1	+0,9	Ni, double. Fe

Longueur d'onde.	*Willigen − Ångström*	*Ångström − Ditschein.*	*Remarques.*
5079,25	+3,4	+0,8	Fe et Ni, quatre raies.
5064,53	—	+1,0	Fe et Ti
5041,32	2,9	+0,8	Ca et Fe
5040,28			
5017,76	—	+0,7	Fe
5011,56	—	+0,4	Fe
5005,14	—	—0,1	Fe, double.
4956,87	3,2	+0,8	Fe, très-forte, double.
4933,55	—	+1,3	Fe et Ba, double.
4919,89	—	+1,2	Fe
4918,21			
4890,98	3,2	+0,6	Fe
4890,19			
4877,57	—	+1,2	Ca
4871,43	3,2	+0,9	Fe
4870,61			
4860,74	3,2	+1,0	Hydrogène.
4822,90	—	+0,1	Mn
4791,78	—	+1,6	Co et Ti.
4782,73	—	—	Mn
4761,68	—	—	
4753,47	—	—0,3	
4726,70	—	—1,7	Fe
4713,81	—	—	Ni
4702,44	—	+0,4	Inconnue.
4667,20	3,2	+1,2	Fe et Ti
4666,45			
4654,07	—	—	Cr
4612,78	—	—	Inconnue.
4610,78	—	—	Fe
4580,93	—	—0,7	Ca
4571,59	—	—	Ti
4564,93	—	+1,8	Inconnue, double.
4548,97	—	—	Ti
4535,59	2,3	—	Ti et Ca, double.
4533,31	—	+1,0	Fe et Ti
4528,06	+2,5	—	Fe

Raies.	*Longueur d'onde.*	*Willigen − Ångström*	*Ångström − Ditschein.*	*Remarques.*
	4522,09	—	—	Ti
	4500,53	—	—0,1	Ti
	4493,81	—	—	Fe, forte.
	4454,10	—	—1,0	Ca et Mn
	4434,65	—	+1,0	Ca
	4425,07	—	—	Ca
2670,0	4414,77	—	—	Fe et Mn
	4404,26	—	+0,4	Fe, forte.
	4382,82	3,0	+0,1	Fe, très-forte.
	4340,10	2,7	+1,6	Hydrogène.
	4325,24	2,2	+1,8	Fe
G	4307,25	3,9	—1,5	Fe
	4271,33	3,9	+0,3	Fe, très-forte, double.
	4260,02	2,7	+1,1	Fe
	4250,54	—	—1,4	Fe
	4249,81	—	+2,2	
g	4226,36	2,3	+1,6	Ca, très-forte.
	4201,56	—	—	Fe
	4197,98	—	—1,1	Fe, double.
	4191,17	—	—	Fe
	4186,68	—	—0,4	Fe, double.
	4155,74	—	—	Fe
	4153,79	—	—1,1	Fe
	4143,14	2,4	+1,0	Fe, double.
	4133,94	2,6	+1,0	Fe, plusieurs raies.
	4131,52			
h	4101,2	2,6	+1,2	Hydrogène, très-forte.
	4076,7	2,8	+1,3	Double; l'une de Calcium.
	4071,0	—	—	Fe, très-forte.
	4062,9	4,6	+1,9	
	4045,1	2,8	+2,0	
	4032,9	3,2	+1,2	Mn, trois raies.
	4029,5	—	—	Mn
	4004,9	—	+0,6	Fe, forte.
H	3968,1	3,2	+1,3	Ca et Fe, très-larges.
H_1	3933,0	+4,6	—	

tableau contient aussi presque toutes les raies observées par M. VAN DER WIL- et même une grande partie de celles de M. DITSCHEINER **). Les 3e et 4e colonnes es différences existantes entre ces diverses mesures et les miennes. Les mesu-

Archives du Musée Teyler, Vol. 1; Harlem, 1866.
Sitzungsberichte der Kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien; Oct. u. Nov. 1864.

res, données primitivement par M. Ditscheiner, étaient *relatives*, et je les ai préférées aux mesures *absolues* publiées plus tard par lui, puisque ces dernières déterminations se basent, sans aucun doute, sur une mesure défectueuse de la largeur du réseau.

La concordance que l'on trouve entre ces trois séries est en général satisfaisante, et en ne considérant que les mesures de M. Willigen et les miennes, cet accord est même si grand, qu'à quelques exceptions près il ne laisse rien à désirer.

M. Mascart *) a pris de même des mesures très-exactes sur les longueurs d'onde de la lumière, mais ayant restreint ses déterminations aux raies principales de Fraunhofer $B - H$, les points de comparaison sont nécessairement peu nombreux. Cependant, il a déterminé, en outre, les longueurs d'onde de quelques raies métalliques, et fourni de la sorte des éléments que je pourrai, au moins d'une manière indirecte, comparer avec mes mesures.

En effet, par son Mémoire **) publié récemment dans le tome VI des Actes de la Société royale des sciences d'Upsal, M. Thalén vient d'accomplir la dernière partie du programme que je m'étais proposé déjà en 1863, c'est-à-dire de déterminer les longueurs d'onde des raies métalliques par leur enregistrement dans le spectre normal du soleil. Dans ce but, il s'est servi des déterminations des longueurs d'onde faites par moi pour les raies Fraunhoferiennes, et comme il a pris, dans ses recherches, le plus grand soin possible pour arriver à des résultats exacts, on pourra regarder l'accord qui existe entre ces mesures et celles de M. Mascart comme un bon contrôle de mes déterminations. A l'exception de trois ou quatre raies, cet accord est aussi grand qu'il ait été possible d'espérer.

Longueurs d'onde, déterminées par M. Mascart.

Lignes de Fraunh.	*Raies métalliques.*	*Longueur d'onde.*	Å. et Th. − M.	*Couleur des rayons.*	*Lignes de Fraunh.*	*Raies métalliques.*	*Longueur d'onde.*	Å. et Th. − M.	*Couleur des rayons.*
B	—	6866,6	+ 0,5			Zinc	4923,2	+ 0,7	
	Lithium	6705,7	— 0,8	Rouge.		Zinc	4910,5	0,9	
C	—	6560,7	+ 1,4		*F*	—	4859,8	0,9	
	Cadmium	6437,0	1,3			Zinc	4809,0	0,8	
	Zinc	6360,7	2,0			Cadmium	4798,6	0,5	
a	—	6275,4	0,9			Bismuth	4721,2	0,9	
	Lithium	6101,5	0,7	Orange.		Zinc	4720,6	0,9	Bleu.
D_{11}	—	5894,3	0,8			Zinc	4678,5	1,1	
D_1	—	5888,0	1,1			Cadmium	4676,5	0,4	
	Argent	5463,5	0,8			Strontium	4606,8	0,8	
	Cadmium	5377,1	1,0	Jaune.		Lithium	4602,0	0,8	
	Thallium	5348,8	0,8			Étain	4523,3	0,8	
	Cadmium	5336,3	1,3			Cadmium	4414,5	+ 1,1	
E	—	5267,9	1,2		*G*	—	4307,6	— 0,3	
	Argent	5207,1	1,7	Vert.		Calcium	4225,5	+ 0,9	Violet.
b_1	—	5182,0	1,1		*H*	—	3967,2	+ 0,9	
	Cadmium	5084,4	+ 0,7						

*) Annales scientifiques de l'Ecole Normale supérieure, T. IV; Paris, 1866.
**) Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde des raies métalliques, 1868.

Les valeurs données dans les 3e et 4e colonnes du tableau, diffèrent un peu de celles publiées par M. THALÉN, page 14 du Mémoire précité. Cette différence provient de ce que j'ai appliqué ici les petites corrections indiquées p. 29. J'ajouterai que les valeurs des longueurs d'onde appartenant aux raies principales de Fraunhofer, qui ont servi de base à M. THALÉN dans ses déterminations, page 9, ont été celles données par moi dans les tableaux des mesures micrométriques p. I—XII, et d'après lesquelles ont été construites mes planches; la différence entre ces nombres et les valeurs *définitives*, est néanmoins totalement insignifiante.

4. Description de l'Atlas.

a) *Raies Fraunhofériennes.*

Afin que les mesures micrométriques, décrites dans les pages précédentes, deviennent plus accessibles et que le lecteur puisse facilement retrouver dans le spectre solaire les raies Fraunhofériennes mesurées par moi, j'ai construit un *Atlas* portant le titre de: *Spectre normal du Soleil*, lequel accompagne ce Mémoire. Cet Atlas contient six planches, sur lesquelles ont été dessinées, avec le plus grand soin possible, les raies spectrales depuis *a* jusqu'à *H*. M. THALÉN, qui a bien voulu m'assister dans ce travail, a fait les dessins d'après les longueurs d'onde données par moi; en outre, il a cherché, autant que possible, à indiquer l'intensité relative des différentes raies.

Le bord supérieur de chaque partie du spectre dessiné, est muni d'une échelle millimétrique permettant de mesurer les longueurs d'onde des raies individuelles du spectre à un cent-millionième de millimètre près. En effet, une division de l'échelle correspondant à un dix-millionième de millimètre de la longueur d'onde, cette échelle nous donnera immédiatement, si l'on omet les trois zéros qui suivent la virgule, les quatre premiers chiffres décimaux, et on aura, de plus, le cinquième chiffre par l'estimation des dixièmes de millimètre. Nos diagrammes jouissent donc à peu près de la même exactitude que les mesures elles-mêmes. Pour être dans le vrai, quelques erreurs, montant à un dixième et quelquefois à deux dixièmes de millimètre, se sont glissées dans la gravure, mais les mesures elles-mêmes des raies faibles étant douteuses par rapport à cette quantité, on conçoit bien que toutes ces erreurs seront presque insignifiantes.

Pour guider le graveur à l'égard de l'intensité relative des raies, je les avais numérotées de 1 à 9, à l'exception des raies les plus fortes, comme C, D, F, b_1 et quelques autres. Ces déterminations, nécessairement approximatives, se fondaient principalement, quand il s'agissait de la partie spectrale située entre *a* et F, sur des comparaisons directes, mais par rapport à la partie restante de F jusqu'à H, on s'est servi surtout des planches de MM. HOFFMANN et THALÉN.

Toutes les raies reproduites sur mes planches entre C et b, ont été mesurées directement; leur nombre est un peu plus grand que celui donné sur les planches correspondan-

tes de M. KIRCHHOFF. Vers l'extrémité violette du spectre, les raies observées sont par contre moins nombreuses, vu la faible dispersion de cette partie. Cependant, pour donner même à cette portion du spectre une ressemblance aussi parfaite que possible avec la nature, je fus obligé d'ajouter ci et là quelques raies, quoique je n'eusse pas pris directement les mesures de leurs longueurs d'onde. Du reste, j'ai cherché à introduire aussi complétement que possible dans mes planches, toutes les raies provenant des substances dont on a prouvé, au moyen de l'analyse spectrale, l'existence réelle dans l'atmosphère du soleil. J'ajouterai enfin qu'on a dessiné quelquefois certaines raies comme étant doubles, conformément à leur aspect dans le spectre de réfraction, quoique dans celui de diffraction, il ne fût pas possible de les reconnaître sous cette forme. C'est ce qui a eu lieu par rapport aux raies doubles qu'on trouve à droite de la raie *B*.

J'ai indiqué aussi sur les planches l'origine de chaque raie et sa correspondance avec les raies des spectres métalliques, pour autant que ces faits ont été déterminés par les recherches que nous avons faites, M. THALÉN et moi, soit ensemble, soit chacun pour son compte. A ce dernier égard, je dois dire que toutes les recherches sur le *titane* et sur son existence dans l'atmosphère du soleil, sont dues exclusivement à M. THALÉN, qui s'y est livré en vue de son Mémoire, déjà cité, sur les longueurs d'onde des spectres métalliques.

Il va sans dire que j'ai profité aussi des planches spectrales publiées depuis plusieurs années par MM. KIRCHHOFF et HOFFMANN.

Enfin, pour faire connaître combien des raies ont été indiquées sur mes planches comme dérivant des substances connues, je les résume dans le tableau suivant:

Substances.	*Nombre des raies.*	*Substances.*	*Nombre des raies.*
HYDROGÈNE	4	MANGANÈSE	57
SODIUM	9	CHROME	18
BARIUM	11	COBALT	19
CALCIUM	75	NICKEL	33
MAGNÉSIUM	4 + (3?)	ZINC	2 (?)
ALUMINIUM	2 (?)	CUIVRE	7
FER	450	TITANE	118 *)

Le nombre total de ces raies s'élève environ à 800, nombre qu'on aurait aisément pu augmenter de beaucoup en employant des appareils plus énergiques pour mettre les corps à

*) Le nombre des raies du titane enregistrées sur mes planches, est très-inférieur à celui qu'a donné M. THALÉN, lequel nombre monte à 200. La raison en est: 1° que ma planche E—F était déjà gravée, avant qu'il eût terminé ses recherches sur ce métal, et: 2° que plusieurs des raies du spectre solaire qui correspondent actuellement aux raies titaniques, sont tellement faibles qu'on ne peut les distinguer que dans des cas exceptionnels de pureté et de dispersion du spectre solaire.

at d'incandescence *). Cependant, le nombre déjà trouvé suffira, comme on le voit, pour ex-quer l'origine de presque toutes les raies fortes du spectre solaire et confirmera donc l'opinion, ise par moi dans un autre travail, que les substances constituant réellement la masse du eil, sont sans doute les mêmes que celles de la terre. N'oublions pourtant pas de dire qu'il ste actuellement entre F et G, à peu près au milieu, quelques raies fortes dont l'origine est encore inconnue; mais, les conclusions qu'on en voudrait tirer en faveur de substances aires étrangères à notre globe, seraient certainement prématurées. Remarquons néanmoins, mme un fait curieux, que la plus forte de ces raies inconnues coïncide avec une raie forte brome; mais les raies du chlore n'ayant aucune correspondance avec les raies Fraunho-iennes, il n'est pas probable que cette correspondance ait lieu par rapport au brome.

L'aluminium possède certainement des raies brillantes en plusieurs endroits du spec-, mais les raies situées entre les deux H, sont les seules qui semblent coïncider avec s lignes Fraunhofériennes. Pour expliquer ce phénomène singulier, il faut dire que les es violettes se présentent comme les plus fortes dans le spectre de ce métal. De même e les raies jaunes du sodium, ces deux raies d'aluminium ont fait voir quelquefois le phé-mène d'absorption consistant en ce qu'une raie noire se présente dans le milieu de chacune lles, ce qui prouve la forte intensité des dites raies. En observant les rayons extra-violets ce métal, on décidera si les deux raies mentionnées ci-dessus coïncident ou non avec des es Fraunhofériennes; car, si ma supposition est vraie, les raies extra-violettes doivent coïn-ler aussi avec des lignes obscures du spectre solaire.

A deux raies du zinc que j'ai indiquées sur mes planches comme coïncidant avec s raies Fraunhofériennes, il en faut ajouter une troisième, située à 4809,7; mais, à l'égard s deux raies, très-larges et très-fortes, d'une apparence nébuleuse, il n'y a pas de corres-ndance visible; ainsi, la présence du zinc dans le soleil me semble très-douteuse. Je ai cependant qu'il existe trois raies du magnésium, du même aspect nébuleux, qui ne pos-lent pas non plus de correspondance avec les raies de Fraunhofer, quoique la présence ce corps dans le soleil ne permette pas le moindre doute.

De tous les corps, le *fer* a assurément produit le plus grand nombre de raies dans spectre solaire. Ces raies, qui ne sont pas symmétriquement distribuées sur toute l'éten-e du spectre, présentent deux maxima, dont l'un est situé près de E, et l'autre près de . Quelques-unes paraissent être communes avec celles du calcium, mais une telle coïncidence raies de différents métaux n'est souvent qu'apparente. Pour en donner un exemple, je erai la raie forte du fer entre E et b, dont la longueur d'onde est 5226, et qui a été ssinée comme une raie simple sur les planches de M. KIRCHHOFF et sur les miennes. Ce-ndant, comme l'a prouvé M. THALÉN en augmentant fortement la dispersion par l'emploi six prismes en flint de 60 degrés, cette raie est actuellement *triple*, et les raies qui en it partie, appartiennent, l'une au fer et l'une des autres au titane.

Parmi les métalloïdes, *l'hydrogène* est le seul que l'analyse spectrale ait pu indiquer mme appartenant au soleil, tandis que les autres substances, telles que l'oxygène, l'azote le carbone, qui existent en si grandes quantités sur la terre, ne peuvent jamais être dé-uvertes dans le soleil par ce procédé. Pour indiquer nettement cette impuissance de l'ana-

---

*) C'est seulement en opérant avec le fer, le manganèse et le calcium que fonctionna une pile taïque de 50 couples.

lyse spectrale par rapport à l'oxygène et à l'azote, j'ai dessiné au-dessous du spectre solaire les raies principales du spectre électrique de l'air, et on verra par là, qu'il n'y a pas de coïncidences entre les raies de ces deux spectres *).

Malgré le manque presque complet de coïncidences entre les raies du spectre solaire d'un côté et celles de l'oxygène ou de l'azote de l'autre, on n'est pourtant pas en droit de se prononcer définitivement sur l'absence totale de ces deux corps dans le soleil. En voici la raison: le spectre de l'air ne peut pas se produire même entre les électrodes de charbon d'une pile voltaïque, composée de 50 couples, et en général il ne se présente pas, si l'électricité se propage d'une manière pour ainsi dire électrolytique. Ce spectre exige nécessairement pour sa naissance une décharge disruptive, comme nous le prouvent évidemment les expériences avec les tubes de Geisler, contenant ces deux corps gazeux. En effet, tant que la décharge est accompagnée de l'électrolyse, les spectres obtenus à l'aide de l'air raréfié, appartiennent tous aux corps composés, et ainsi, il est très-impropre de les nommer, avec PLÜCKER, spectres du premier ordre; au contraire, en employant le condensateur, la décharge devient immédiatement disruptive et on a en même temps les spectres des corps élémentaires, c'est-à-dire le spectre ordinaire de l'air. Ce fait, très-important même pour la juste interprétation des spectres du soleil et des étoiles**), nous indique comme une chose très-probable que la température élevée du soleil ne suffit pas pour produire les raies brillantes de l'oxygène et de l'azote, et que par conséquent, même en supposant que ces corps existent actuellement dans le soleil, ils ne doivent pourtant pas occasionner de raies obscures dans le spectre solaire, de même que l'existence actuelle de ces corps dans l'atmosphère terrestre ne donne pas naissance à des raies telluriques.

Les observations sur les éclipses totales du soleil, et en particulier celles qui ont été faites dernièrement par MM. JANSSEN et RAYET, ont prouvé deux faits, savoir: 1° que la surface lumineuse de cet astre est immédiatement entourée de gaz pesants, qui, constituant ce qu'on appelle les protubérances, donnent naissance à un spectre de raies brillantes; 2° que cette même surface est en outre, à une hauteur considérable, environnée d'une couronne dont la lumière, polarisée et présentant un spectre continu, dérive du photosphère lui-même du soleil. Cela admis, et en supposant que cette couronne contienne des éléments terrestres, il me semble qu'on ne peut pas admettre qu'ils soient autres que l'azote, l'oxygène et l'hydrogène.

Quant au carbone, on trouve qu'il exige de même une décharge disruptive pour amener la production de son spectre réel, qui possède une ressemblance assez notable avec celui de l'hydrogène. L'arc voltaïque, au contraire, qui se forme des électrodes de carbone à

*) Voici de plus une application pratique et très-utile qu'on pourra faire de ce spectre de l'air. De même que l'on a pu déterminer, par l'enregistrement dans le spectre normal, des longueurs d'onde des raies métalliques, on peut arriver à un résultat identique à l'aide du spectre électrique de l'air, quoique certainement avec une moindre exactitude dans ce dernier cas. A cet effet, il faut toutefois connaître les longueurs d'onde de ce dernier spectre, ce que les planches mentionnées donnent d'une manière suffisamment exacte.

**) D'après la mémorable découverte de M. HUGGINS, l'une des trois lignes brillantes qui se trouvent dans le spectre des nébuleuses coïncide avec la raie forte et verdâtre de l'azote. Mais cette raie est double, et la distance des deux composants est de trois unités en dix-millionièmes de millimètre; il paraît donc qu'on devrait pouvoir constater cette même duplicité dans la raie correspondante du spectre des nébuleuses.

l'aide d'une pile de 50 couples, ne donne pas le spectre propre *) du carbone, mais seulement ceux des carbures d'hydrogène et du cyanogène. L'apparition de ces deux derniers spectres coïncide du reste avec les phénomènes ordinaires de l'électrolysation, où les éléments de l'électrolyte se combinent avec les électrodes. On pourra donc conclure que la température produite par la pile voltaïque mentionnée, ne suffira pas pour mettre le carbone à l'état gaseux; que, par conséquent, en appliquant ces résultats au cas du soleil, sa température doit être regardée, d'un côté, comme trop élevée pour admettre l'existence de combinaisons telles que le cyanogène et l'hydrogène carburé, mais que, de l'autre, elle est trop basse pour pouvoir vaporiser le carbone. Il est donc très-probable que le carbone existe à l'état solide dans le photosphère du soleil, et de plus, que, conformément à la théorie remarquable de M. FAYE, c'est principalement de l'incandescence de cette substance, que provient le spectre continu du soleil.

D'après les observations faites par MM. SECCHI et HUGGINS, les raies d'absorption dans les spectres stellaires sont de deux espèces: chez l'une, le spectre est rayé de lignes très-fines, comme le spectre solaire; chez l'autre, les raies constituent des groupes entiers à espaces égaux ou des bandes nuancées. Ces derniers groupes appartiennent vraisemblablement aux corps composés, et je mentionnerai, en particulier, que ceux trouvés dans le spectre de α Orionis, ressemblent fort aux bandes lumineuses que donne le spectre de l'oxyde de manganèse. Supposé que ma théorie soit juste, l'apparition de ces bandes doit donc indiquer que la température de l'étoile est devenue assez basse pour que de telles combinaisons chimiques puissent se former et se conserver.

Entre ces deux limites de température chez les étoiles, limites que l'on peut caractériser par la présence de l'une ou de l'autre espèce des raies d'absorption, on peut s'imaginer aussi un état intermédiaire, dans lequel les gaz composés peuvent se former ou se dissocier, suivant les variations de température auxquelles ils sont assujettis par l'action chimique même. Dans cette classe doivent probablement être comprises les étoiles dont l'intensité de lumière varie plus ou moins rapidement et avec une périodicité plus ou moins constante.

Mais je crois devoir m'arrêter, n'ayant pas l'intention d'entrer ici dans une discussion détaillée sur cette matière intéressante. Ce que je viens de dire, suffira cependant à faire voir la nécessité d'étudier d'une manière approfondie, non-seulement les spectres des corps élémentaires, mais aussi ceux des combinaisons chimiques les plus importantes, comme l'a déjà fait avec beaucoup de succès M. MITSCHERLICH.

Dans un Mémoire sur *les spectres "doubles"* des corps élémentaires que nous publierons prochainement, M. THALÉN et moi, dans les Actes de la Société des Sciences d'Upsal, nous traiterons d'une manière suffisamment complète les questions importantes qu'on peut se proposer sur cet intéressant sujet. Pour le présent, je me borne à dire que les résultats auxquels nous sommes arrivés, ne confirment aucunement l'opinion émise par PLÜCKER, qu'un corps élémentaire pourrait donner, suivant sa température plus ou moins élevée, des spectres tout-à-fait différents. C'est le contraire qui est exact. En effet, en augmentant successivement la température, on trouve que les raies varient en intensité d'une manière très-compli-

*) Le spectre du carbone, dont il est ici question, fut observé, il y a cinq ans, par M. THALÉN et moi; l'une des raies qui appartiennent à ce spectre, celle qui se trouve à côté de *C*, a aussi été observée par M. HUGGINS. Le spectre observé par M. SWAN est probablement dû à l'acetylène.

quée, et que, par suite, de nouvelles raies peuvent même se présenter, si la température s'élève suffisamment. Mais, indépendamment de toutes ces mutations, le spectre d'un certain corps conservera toujours son caractère individuel.

β) *Raies telluriques.*

J'ai dit auparavant qu'à quelques exceptions près, on retrouve toutes les raies Fraunhofériennes les plus fortes dans les spectres des métaux. Cela ne s'applique toutefois pas à l'extrémité rouge du spectre, où l'on observe des groupes nombreux de raies dont on ne peut pas expliquer l'origine par l'absorption dans l'atmosphère du soleil.

Les variations existantes dans leur apparition, ont prouvé que ces raies sont dues à l'atmosphère terrestre, et on les nomme pour cette cause *raies telluriques*. MM. Brewster et Gladstone *) ont déjà publié une description détaillée de ces raies; mais le dessin qui l'accompagne est toutefois assez peu satisfaisant. Dans ces derniers temps, c'est surtout M. Janssen qui les a étudiées avec le plus de soin, et il a même réussi à produire, par des expériences directes sur l'absorption de la vapeur d'eau, des raies noires, situées près de B, C et D. Cependant, je n'ai pas encore vu de dessin de ces raies, et j'ignore même s'il en a publié. M'étant aussi livré à l'étude de ce sujet, j'ai indiqué par des raies nuancées, au bord supérieur de mes planches, celles que j'ai trouvées appartenir à l'atmosphère de notre globe. Jusqu'ici, cependant, c'est à l'extrémité rouge du spectre que j'ai consacré mes études de détail.

Dans mon Mémoire de 1853, j'énonçais déjà, le premier en date à ce que je crois, la loi fondamentale qu'*un gaz à l'état d'incandescence émet des rayons lumineux de la même réfrangibilité que ceux qu'il peut absorber*. Je cherchais aussi, à ce temps-là, à trouver des correspondances entre les raies telluriques et les raies lumineuses que présente le spectre électrique de l'air. Mais, comme je l'ai constaté depuis, aucune correspondance de ce genre n'existe, et l'on a vu ci-dessus la cause probable de cette circonstance remarquable.

Puisque, du moins d'après la loi d'absorption énoncée ci-dessus, les raies telluriques ne sont dues ni à l'azote, ni à l'oxygène, il faut les attribuer vraisemblablement à l'absorption des autres gaz qui constituent réellement l'atmosphère terrestre, et l'on peut donc, en premier lieu, nommer la vapeur d'eau. Je pense aussi que la plupart des raies telluriques indiquées sur mes trois premières planches, dérivent de cette substance; mais en outre il existe trois groupes, représentés par A, B et α, dont l'origine doit être attribuée à d'autres substances.

J'ai exposé, dans les Comptes-rendus de l'Académie de Sciences de Paris **) les motifs qui m'ont déterminé à faire cette conclusion, et je me permets de les reproduire ici:

"Pendant les grande froids du mois de Janvier 1864, j'ai observé, à Upsal, le spectre solaire à plusieurs reprises, une fois par une température de 27 degrés centigrades au-dessous de zéro. Les raies telluriques situées près de D, de C et de a, ainsi que celles qui se montrent de a à B, avaient presque entièrement disparu, tandis que les groupes A et B, et un troisième situé à peu près au milieu entre D et C — dans nos planches

*) Philosophical Transactions, T. 150, London, 1860.

**) T. 63, 1866 p. 647.

ésigné par α — offraient une grande intensité, plus grande même, à mon jugement, que celle qu'ils ont eu été pour la même hauteur du soleil. Ces trois groupes présentent tous le même aspect; ils se composent chacun d'une raie très-forte et d'une série de raies plus fines à peu près également espacées; il n'y a que l'intensité qui augmente en allant de α vers A. L'apparition si constante de ces trois groupes et leur similitude d'aspect, nous conduisent à leur attribuer une origine commune; mais comme je viens de le dire, cette origine ne doit pas être cherchée dans l'action de la vapeur d'eau; ce serait plutôt un gaz permanent, peut-être acide carbonique, qui produirait ces trois groupes de raies.

Les spectres que donnent les gaz composés, surtout ceux des oxydes métalliques, offrent une grande ressemblance avec les groupes en question, et c'est cette circonstance qui me fait supposer qu'ils sont dus à l'absorption exercée par un gaz composé."

Outre les trois groupes de raies situés près de A, B et α, il existe, à gauche de D, une bande d'absorption, toujours visible dans le spectre du ciel pur. Cette bande s'étend de 5681 à 5812 à peu près, et, d'après Brewster, je la désignerai dans la suite par la lettre δ.

Dès que cette bande commence à se montrer dans le spectre solaire, on peut la résoudre en raies très-fines; mais au coucher du soleil, les raies, en se joignant, forment une bande obscure et continue. Or, puisque l'apparence de cette bande ne change pas avec les circonstances desquelles dépend l'intensité des raies d'absorption dues à la vapeur d'eau, l'origine en doit être attribuée à une cause toute différente.

Une autre bande d'absorption, analogue à δ et désignée par λ dans le dessin de Brewster, est située à gauche de F, mais elle présente une intensité si faible, que je ne l'ai pu voir pendant les mois d'hiver dans le spectre du ciel pur. Quelquefois, on découvre aussi à droite de D une troisième bande, dont la partie moyenne est située à 6100.

Toutes ces dernières bandes, aussi bien que celles mentionnées ci-dessus, ont été indiquées sur le dessin des *raies telluriques* donné planche *H*. On y trouve encore une bande d'absorption, très-forte pendant les mois d'été, et située entre b et F à 5035—40, que l'on doit attribuer à la vapeur d'eau.

Il arrive de plus que la partie violette du spectre solaire s'éteint presque complètement au fur et à mesure que le soleil s'approche de l'horizon. Cependant, n'ayant pas eu l'occasion d'étudier en détail ce phénomène d'absorption, je n'ose me prononcer sur son origine. Suivant M. Janssen, cette bande d'absorption est produite par la vapeur d'eau.

En résumant ce qui précède, on aura la série suivante des phénomènes de l'absorption atmosphérique, au fur et à mesure que le soleil s'approche de l'horizon: La partie violette du spectre disparaît premièrement jusqu'à G, et l'absorption, s'étendant de plus en plus depuis cette limite vers le rouge, présente des bandes plus sombres près de F et de D. En même temps, les raies A, B et α qu'on peut voir toujours dans la partie rouge du spectre, se renforcent sensiblement, et celles de la vapeur d'eau à C et à D, augmentent incessamment en nombre. A la fin, il ne reste plus de parties lumineuses, que celles situées entre B et α, entre α et δ, et de plus la partie jaune verdâtre à gauche et à proximité de

L'intervalle de B et δ est en outre traversé et plus ou moins affaibli par les bandes d'absorption de la vapeur d'eau dont je viens de parler. La partie qui a le moins changé d'aspect, est celle entre D et δ.

En promenant, au coucher du soleil, le spectroscope de l'horizon vers le zénith, le spectre du ciel se montre parfaitement analogue à celui de la lumière directe de cet astre; seulement, l'intensité de la partie jaune verdâtre augmente en s'approchant du zénith, en même temps que s'affaiblit celle des parties rougeâtres. Au contraire, si l'on dirige le spectroscope sur un nuage situé près de l'horizon et qu'éclairent directement les rayons solaires, cet astre étant déjà couché, on obtient le même spectre que celui du soleil même à l'horizon ou du ciel pur dans son voisinage.

L'absorption de l'atmosphère est à beaucoup d'égards semblable à celle d'une solution de chlorophylle. La lumière transmise par une couche mince de cette solution, revêt une apparence verdâtre, mais elle devient rouge, quand on augmente l'épaisseur des couches. De même, la couleur du ciel change d'apparence avec l'épaisseur de couches atmosphériques qu'ont traversées les rayons solaires, et l'on peut regarder comme de simples phénomènes d'absorption presque toutes les variations de couleur qui caractérisent l'aurore et le rouge du crépuscule, à l'explication desquelles on a proposé déjà tant de théories différentes.

A l'égard de ces phénomènes d'absorption, il est bien probable que le rôle joué par la vapeur d'eau est très-important; mais, d'après les expériences de M. Tyndall, on peut supposer qu'il existe dans l'atmosphère d'autres substances gazeuses pouvant produire des raies, quoique la quantité de ces substances soit si minime qu'on ne les a pu découvrir jusqu'ici par une voie directe.

Pour expliquer l'origine des bandes A, B, α et δ, qui sont très-constantes et ne dépendent pas sensiblement des variations de la température de l'air, il faut recourir à d'autres corps gazeux moins variables en tension que la vapeur d'eau. Parmi ces corps, j'ai indiqué déjà l'acide carbonique, et l'on pourrait même supposer que l'ozone peut produire une action analogue, pourvu qu'il existe à l'état libre dans l'atmosphère. Comme la troisième cause, on pourrait nommer enfin la fluorescence de l'oxygène, gaz qui, renfermé dans un tube de Geissler, devient faiblement phosphorescent au passage du courant électrique.

Cependant, toute l'explication des phénomènes de coloration qui se manifestent dans l'atmosphère, se montrera sans doute très-incomplète, si l'on n'apprécie pas suffisamment l'influence d'une autre cause pouvant modifier d'une manière très-sensible l'intensité des parties cohérentes du spectre, savoir la *diffusion atmosphérique* et la *polarisation* de la lumière qui y est étroitement liée.

γ) *Spectre de l'aurore boréale.*

Depuis l'époque où Franklin faisait ses mémorables expériences sur la foudre jusqu'au temps actuel, un parallélisme complet a eu lieu entre les actions de cette force naturelle et celles de l'électricité de frottement; ainsi, l'on a pu prévoir que le spectre de l'éclair devait être le même que celui de l'air, produit par la décharge électrique ordinaire. C'est ce qu'ont parfaitement prouvé les observations faites par M. Kundt. De plus, les deux phénomènes de l'aurore boréale et du magnétisme terrestre, étant si intimement liés l'un avec l'autre, que l'apparition de la première est toujours accompagnée de perturbations exercées sur l'aiguille aimantée, on a donc pu supposer que l'aurore boréale n'était qu'une lueur électrique, analogue à celle que produit l'air raréfié dans l'oeuf électrique, ce qui n'est pourtant

pas le cas. En effet, pendant l'hiver de 1867—68, j'ai pu observer *) plusieurs fois le spectre de l'arc lumineux qui borde le segment obscur et se présente toujours pendant de faibles aurores boréales. Sa lumière était presque monochromatique et consistait *d'une seule raie brillante*, située à gauche du groupe connu des raies du calcium. En en mesurant la distance de ce groupe, j'ai déterminé la longueur d'onde de la raie, qui s'est trouvée égale à

$$\lambda = 5567.$$

Outre cette raie, dont l'intensité est relativement grande, j'ai observé aussi, en augmentant la largeur de la fente, des traces de trois bandes très-faibles qui s'étendraient à peu près jusqu'à *F*. A une seule occasion, quand l'arc lumineux était agité par des ondulations qui en changeaient la forme, j'ai vu les régions signalées s'éclairer momentanément de quelques faibles raies spectrales; mais, eu égard au manque d'intensité de ces rayons, on peut dire néanmoins que la lumière de l'arc lumineux est sensiblement monochromatique.

Voici une circonstance qui donne à cette observation sur le spectre de l'aurore boréale une importance beaucoup plus grande et pour ainsi dire cosmique. Durant une semaine du mois de Mars 1867, j'ai réussi à observer la même raie spectrale dans la lumière zodiacale, qui se présentait alors avec une intensité vraiment extraordinaire pour la latitude d'Upsal. Enfin, pendant une nuit étoilée, tout le ciel étant en quelque sorte phosphorescent, j'en ai trouvé des traces même dans la faible lumière émise de toutes les régions du firmament.

Un fait fort remarquable, c'est que la raie signalée ne coïncide avec aucune des raies connues dans les spectres des gaz simples ou composés, pour autant du moins que je les ai étudiées jusqu'à présent.

Il suit de ce que je viens de dire, qu'une aurore boréale intense, telle qu'on peut l'observer au-dessus du cercle polaire, donnera probablement un spectre plus compliqué que celui trouvé par moi. Supposé que cela soit vrai, il y aura donc à espérer qu'à l'avenir on pourra expliquer plus facilement l'origine des raies trouvées et la nature du phénomène lui-même. Ne pouvant pas donner cette explication pour le présent, je me réserve d'y revenir une autre fois.

---

*) Cette observation fut communiquée à la Société des Sciences d'Upsal le 16 Février 1868. J'eus, pendant l'automne de 1867, l'occasion de communiquer verbalement cette même observation sur le spectre de l'aurore boréale à M. O. de Struwe, et en Mai 1868, j'ai eu la satisfaction de recevoir l'avis qu'il l'a vérifiée à son retour à l'Observatoire de Pulkowa. Dans une notice de ces observations, insérée dans les Bulletins de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg, la position de la raie est indiquée, d'après l'échelle de M. Kirchhoff, comme égale à 1259, avec une erreur probable de 10—15 unités de l'échelle. En évaluant ce nombre en longueurs d'onde, on trouve la valeur 5552.

MESURES MICROMÈTRIQUES

pour la détermination des Longueurs d'onde des raies de Fraunhofer.

E — D

Première partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
E	0,0	5268,98	1,5*	5268,98	5268,98	—
	48,7	72,53	40,3	72,52	72,52	0
	72,3	74,26	59,3	74,28	74,27	1
	83,5	75,09	67,2	75,00	75,04	4
	146,1	79,66	116,7	79,52	79,59	7
	162,8	80,86	132,7	80,99	80,92	7
	185,6	82,53	151,8	82,75	82,64	11
	236,2	86,23	—	—	86,23	—
	254,5	87,57	205,5	87,65	87,61	4
	310,5	91,64	} 253,0	92,00	91,68	} 4
	322,5	92,53			92,57	
	370,7	96,04	298,0	96,11	96,07	4
	377,8	96,56	303,0	96,57	96,56	0
	390,7	97,50	313,0	97,48	97,49	1
	424,5	5299,96	340,2	5299,97	5299,96	0
	445,2	5301,49	356,4	5301,45	5301,47	2
	—	—	372,0	02,87	02,87	—
	493,0	04,97	395,0	04,99	04,98	1
	514,2	06,51	411,0	06,44	06,47	3
	530,0	07,66	426,0	07,81	07,73	8
	603,6	12,97	483,0	13,03	13,00	3
	623,0	14,42	497,7	14,37	14,39	5
	643,0	15,90	515,0	15,94	15,92	2
	707,1	20,57	563,5	20,38	20,48	9
	718,6	21,41	572,0	21,16	21,29	12
	745,8	23,39	595,6	23,31	23,35	4
	798,3	27,21	640,0	27,36	27,28	8
	822,9	29,00	659,4	29,14	29,07	7
	—	—	674,6	30,54	30,54	—
	865,0	32,08	690,0	31,94	32,01	7
	889,3	33,84	710,4	33,80	33,82	2
	918,1	35,95	732,5	35,83	35,89	6
	932,0	36,96	744,5	36,91	36,93	2
	941,4	37,61	—	—	37,61	—
	963,7	39,27	769,0	39,15	39,21	6
	978,0	40,31	780,0	40,17	40,24	7
	1004,5	42,04	800,5	42,10	42,07	3
	1010,9	42,70	806,0	42,53	42,61	8
	1042,5	45,00	832,6	44,96	44,98	2
	—	—	837,5	45,44	45,44	—
	1074,8	47,35	859,2	47,39	47,37	2
	1092,3	48,63	872,5	48,60	48,61	1
	1128,7	51,28	900,6	51,16	51,22	6
	1143,7	52,37	915,0	52,49	52,43	6
	1259,0	60,75	1005,1	60,70	60,72	2
	1274,6	61,88	1018,4	61,93	61,90	3
	1303,2	63,96	1041,0	63,99	63,97	2
	1308,5	64,35	1046,0	64,44	64,39	5
	1337,8	66,48	1069,0	66,55	66,51	4
	1371,7	68,97	1096,5	69,06	69,01	5
	1394,0	70,55	1111,9	70,47	70,51	4
	1420,6	72,49	1136,0	72,65	72,57	8
	1478,3	76,69	1177,3	76,43	76,56	13
	1504,0	78,58	1201,8	78,66	78,62	4
	1526,1	5380,17	1219,0	5380,24	5380,20	4
	1555,8	5382,32	1342,3	5382,35	5382,33	2
	1642,0	88,45	1310,0	88,53	88,49	4
	1653,3	89,43	1320,6	89,50	89,46	3
	1668,0	90,50	1333,6	90,69	90,59	9
	1679,5	91,24	—	—	91,24	—
	1691,5	92,21	1351,0	92,27	92,24	3
	1709,1	93,49	—	—	93,49	—
	1743,0	95,96	1393,5	96,15	96,05	10
	1760,5	97,21	1405,3	97,22	97,21	1
	1774,6	98,24	1417,0	98,29	98,26	3
	1792,9	5399,58	1431,0	5399,56	5399,57	1
1391,1	1841,5	5403,13	1470,2	5403,14	5403,13	1
1389,5	1864,6	5404,82	1488,4	5404,80	5404,81	1

Deuxième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
1391,1	0,0	5403,13	—1,5**	5403,14	5403,14	0
1389,5	23,4	04,82	17,0	04,80	04,81	1
	48,2	06,63	34,8	06,43	06,53	10
	74,5	08,53	59,5	08,66	08 59	7
	80,7	08,98	62,5	08,98	08,98	0
	96,5	10,13	73,0	09,90	10,01	11
	128,5	12,43	} 106,0	12,90	12,43	0
	141,5	13,40			13,40	
	157,5	14,56	122,0	14,42	14,49	7
	179,7	16,16	140,0	16,00	16,08	8
	203,5	17,91	161,0	17,93	17,92	1
	230,0	19,52	178,0	19,45	19,48	3
	238,2	20,10	185,5	20,15	20,12	3
	279,9	23,43	220,0	23,29	23,56	13
	354,7	28,89	280,0	28,76	28,82	4
	394,1	31,74	313,0	31,76	31,75	1
	411,6	33,01	327,0	33,05	33,03	2
	437,5	34,87	346,6	34,83	34,85	2
	446,7	35,53	352,5	35,36	35,44	8
	566,6	44,24	450,1	44,24	44,24	0
	589,6	45,91	468,1	45,96	45,93	3
	710,5	54,63	565,5	54,76	54,70	4
	817,0	62,41	647,2	62,20	62,31	11
	—	—	658,0	63,19	63,19	—
	862,2	65,69	684,0	65,54	65,61	7
	917,1	69,66	731,0	69,82	69,74	8
	953,2	72,27	757,5	72,24	72,26	2
	967,2	73,29	769,2	73,30	73,29	1
	1003,0	75,89	797,7	75,91	75,90	1
	1024,0	77,40	814,3	77,40	77,40	0
	1062,5	80,15	849,0	80,14	80,15	1
	1092,0	82,32	869,5	82,43	82,37	6
	1152,5	86,72	918,6	86,89	86,80	9
	1183,0	88,91	—	—	88,91	—
	1232,5	92,49	980,0	92,49	92,49	0
	1246,0	93,48	991,0	93,49	93,48	1
	1287,4	5496,49	1025,8	5496,70	5496,60	10
	1343,5	5500,54	1068,5	5500,49	5500,51	2
	1361,9	01,85	—	—	01,85	—
	1374,5	02,76	—	—	02,76	—
	1406,1	5505,06	1119,8	5505,19	5505,12	7

* $\varphi_0 = 20^\circ\, 29'\, 43''$

** $\varphi_0 = 21^\circ\, 2'\, 33''$

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1414,5	5505,66	1129,0	5506,03	5505,85	19
	1441,4	07,61	1145,0	07,49	07,55	6
	1462,0	09,09	1167,0	09,49	09,29	20
	1493,5	11,37	1191,0	11,65	11,51	14
	1499,5	11,81	—	—	11,81	—
	1519,9	13,29	1210,0	13,40	13,35	5
	1551,2	15,55	1236,0	15,74	15,64	10
	1601,2	19,50	—	—	19,50	—
	1633,3	21,50	1299,0	21,49	21,50	1
	1654,4	23,00	1316,5	23,06	23,03	3
	1677,7	24,69	1334,0	24,65	24,67	2
	1694,7	25,92	1347,7	25,90	25,91	1
1280,0	1714,8	5527,35	1364,7	5527,44	5527,40	4

Troisième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
1280,0	0,0	5527,35	0,0	5527,44	5527,40	4
	29,5	29,48	23,0	29,52	29,50	2
	58,5	31,57	47,0	31,70	31,63	7
	92,7	34,05	73,0	34,10	34,07	3
	—	—	98,0	36,34	36,34	—
	201,5	41,91	160,5	42,01	41,96	5
	211,5	42,63	168,5	42,75	42,69	6
	250,1	45,42	198,7	45,48	45,45	3
	349,9	52,63	278,0	52,68	52,65	3
	366,7	53,84	292,0	53,95	53,90	5
	411,9	57,11	326,2	57,06	57,08	2
	441,1	59,22	351,0	59,31	59,26	5
	474,5	61,90	377,0	61,67	61,78	11
	487,0	62,79	388,3	62,69	62,74	5
	515,9	64,62	410,0	64,66	64,64	2
	539,0	66,40	428,0	66,32	66,36	4
	568,6	68,44	453,0	68,57	68,50	7
	613,2	71,64	487,8	71,73	71,68	5
	658,6	74,82	523,6	74,97	74,90	7
	694,1	77,47	552,6	77,64	77,55	9
	739,7	80,75	588,5	80,86	80,80	6
	781,6	83,79	621,0	83,85	83,82	3
	806,0	85,54	640,3	85,56	85,55	1
	821,9	86,68	652,0	86,63	86,65	2
	835,0	87,63	663,0	87,61	87,62	1
	853,4	88,91	679,8	89,15	89,03	12
	883,7	91,14	702,9	91,23	91,18	5
	904,2	92,60	718,5	92,65	92,62	3
	914,5	93,34	728,0	93,51	93,42	9
	967,3	97,17	768,2	97,17	97,17	0
	992,4	5598,97	787,2	5598,88	5598,92	4
	1009,7	5600,21	802,0	5600,22	5600,21	1
	1030,3	01,70	817,5	01,69	01,70	1
	1207,7	14,47	960,1	04,55	04,51	4
	1230,0	16,08	—	—	16,08	—
	1254,0	17,81	—	—	17,81	—
	1263,4	18,49	—	—	18,49	—
	1274,2	19,27	—	—	19,27	—
	1329,0	23,20	1058,2	23,25	23,22	3
	1346,0	24,39	1068,0	24,33	24,36	3
	1459,5	32,59	1160,5	32,71	32,65	6
	—	—	1180,5	34,53	34,53	—
	1509,5	36,17	1200,5	36,34	36,25	9
	1525,0	37,30	1209,5	37,15	37,22	7
	1564,5	40,14	1244,0	40,28	40,21	7
	1604,6	43,02	1275,0	43,08	43,05	3
	1625,5	44,64	1291,0	44,54	44,59	5
	—	—	1329,0	47,97	47,97	—
	—	—	1369,0	51,60	51,60	—
	1749,2	53,41	1388,0	53,31	53,36	5
	1763,7	54,45	1399,8	54,39	54,42	3
	—	—	1425,5	56,71	56,71	—
1174,2	1806,2	5657,51	1435,5	5657,62	5657,56	6

Quatrième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
1174,2	0,0	5657,51	5,2*	5657,62	5657,56	6
	29,2	59,61	27,9	59,66	59,63	3
	55,2	61,47	48,6	61,55	61,51	4
	73,5	62,79	62,8	62,84	62,81	3
	97,5	64,51	81,9	64,56	64,53	3
	119,0	66,05	99,0	66,01	66,03	2
	235,0	74,39	191,5	74,49	74,44	5
	284,1	77,91	230,0	77;97	77,94	3
	331,0	81,28	269,0	81,49	81,38	11
	361,2	83,46	291,0	83,49	83,47	2
	390,7	85,52	314,0	85,56	85,54	2
	413,0	87,18	332,5	87,23	87,20	3
	444,3	89,41	355,0	89,27	89,34	7
	455,7	90,65	369,0	90,54	90,60	6
	492,0	92,82	393,6	92,73	92,77	4
	504,0	93,97	407,0	93,97	93,97	0
	—	—	423,5	95,46	95,46	—
	554,2	5697,30	442,6	5697,19	5697,24	5
	597,2	5700,38	479,0	5700,42	5700,40	2
	627,5	02,58	506,5	02,97	02,58	2
	640,0	03,45			03,45	
	661,5	05,00	529,5	05,05	05,02	3
	675,6	06,00	540,0	06,00	06,00	0
	692,5	07,20	552,0	07,08	07,14	6
	708,7	08,30	565,7	08,32	08,31	1
	729,7	09,87	584,0	09,96	09,91	5
	741,7	10,75	593,8	10,86	10,80	6
	777,0	13,26	621,0	13,32	13,29	3
	787,0	13,95	628,0	13,96	13,95	0
	817,0	16,12	—	—	16,12	—
	824,0	16,75	661,1	16,94	16,84	10
	994,9	25,59	760,8	25,93	25,76	17
	1021,0	30,33	813,0	30,66	30,50	16
	—	—	926,0	40,88	40,88	—
	1243,8	46,69	991,6	46,79	46,74	5
	1302,7	50,89	1039,0	51,00	51,95	5
	1320,1	52,15	1050,5	52,12	52,13	2
	1339,6	53,53	1066,0	53,51	53,52	1
	1372,0	55,90	1093,5	56,23	56,06	16
	1431,0	60,07	1134,6	60,25	60,16	9
1096,0	1455,7	5761,85	1159,5	5761,94	5761,90	4

Cinquième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
1096,0	0,0	5761,85	0,0	5761,94	5761,90	4
	130,5	71,16	102,8	71,22	71,19	3
	169,4	73,95	135,8	74,19	74,07	12
	216,0	77,29	173,8	77,63	77,46	17
	251,5	79,82	197,8	79,79	79,80	1
	270,5	81,20	214,8	81,31	81,25	6
	291,1	82,66	—	—	82,66	—
	319,5	84,73	250,8	84,57	84,65	8
	351,8	86,98	276,3	86,88	86,93	5
	397,0	90,20	312,3	90,13	90,16	3
	422,5	92,03	338,8	92,50	92,26	24
	435,0	92,93	345,8	93,14	93,03	11
	469,0	95,34	382,3	96,43	96,38	5
	495,5	5797,27	390,3	5797,23	5797,25	2
	581,5	5803,37	462,3	5803,64	5803,50	14
	596,0	04,43	471,3	04,44	04,43	1
	615,3	05,79	486,8	05,85	05,82	3
	—	55,90	501,3	07,16	07,16	—
	650,5	08,31	514,8	08,38	08,34	4
	735,0	5814,33	576,8	5813,95	5813,14	19

* $\varphi_0 = 22° 4' 53'',3$

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	753,0	5815,61	593,2	5815,44	5815,52	8
	—	—	662,8	21,71	21,71	—
	—	—	782,5	32,49	32,49	—
	1183,0	46,27	—	—	46,27	—
	1197,0	47,25	948,8	47,47	47,36	11
	1253,7	51,34	991,8	51,33	51,34	1
	1277,0	52,66	1007,5	52,74	52,70	4
	1297,0	54,37	}1030,6	54,83	54,39	2
	1308,9	55,22			55,24	
	1328,6	56,61	1047,0	56,31	56,46	15
	1356,0	58,57	1071,6	58,51	58,54	8
	1396,0	61,43	1103,8	61,40	61,42	2

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1418,0	5863,00	1125,8	5863,39	5863,19	19
	1450,5	65,31	1147,5	65,34	65,32	2
	—	—	1299,3	79,00	79,00	—
	—	—	1311,3	80,07	80,07	—
	1693,0	82,56	—	—	82,56	—
	1700,5	83,09	1343,5	82,97	83,03	6
	1730,0	85,19	1366,8	85,07	85,13	6
	1749,7	86,56	1383,2	86,51	86,53	2
D_1	1783,7	89,00	1409,7	88,93	88,96	3
	1824,6	91,91	—	—	91,90	—
D_2	1867,3	5894,94	1476,8	5894,99	5894,94	1

D — C

Première partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
D_1	0,0	5888,98	0,0	5888,97	5888,98	0
	23,0	90,64	—	—	90,64	—
	34,0	91,42	—	—	91,42	—
	41,5	91,96	33,3	91,94	91,96	1
	47,0	92,36	—	—	92,36	—
	71,0	94,90	—	—	94,90	—
D_2	83,7	95,00	67,1	94,98	94,99	1
	89,0	95,39	—	—	95,39	—
	110,0	96,90	22,6	96,98	96,94	4
	115,0	97,26	—	—	97,26	—
	124,0	97,91	34,0	98,00	97,95	4
	140,3	5899,09	43,1	5898,82	5898,96	13
	158,0	5900,36	60,8	9500,41	5900,38	2
	171,0	01,30	—	—	01,30	—
	189,7	02,62	—	—	02,62	—
	215,4	04,47	106,6	04,35	04,41	6
	251,0	07,10	—	—	07,10	—
	263,3	07,98	—	—	07,98	—
	285,5	09,57	162,0	09,56	09,57	0
	318,7	11,94	—	—	11,94	—
	335,0	13,11	202,6	13,30	13,15	4
	354,0	14,48	218,1	14,43	14,45	3
	394,0	17,36	—	—	17,36	—
	416,0	18,94	—	—	18,94	—
	425,0	20,72	—	—	20,72	—
	451,8	21,54	—	—	21,54	—
	469,5	22,81	}314,1	23,27	22,83	2
	483,7	23,84			23,86	
	530,0	27,21	—	—	27,21	—
	559,5	29,33	380,7	29,27	29,30	3
	584,0	31,09	}402,6	31,23	31,02	7
	592,0	31,67			31,60	
	622,6	33,87	—	—	33,87	—
	636,5	34,89	—	—	34,89	—
	670,2	37,28	—	—	37,28	—
	712,3	40,31	502,6	40,24	40,27	3
	729,3	41,53	517,1	41,55	41,54	1
	755,6	43,33	539,6	43,58	43,45	11
	774,0	44,78	553,6	44,84	44,81	3
	790,0	45,92	563,1	45,69	45,80	12
	811,5	47,45	582,0	47,44	47,45	0
	824,0	48,34	590,0	48,21	48,27	7
	850,0	50,21	614,0	50,27	50,24	3
	871,0	51,71	631,6	51,87	51,79	8
	898,0	53,66	353,6	53,84	53,73	7
	923,5	55,47	671,6	55,46	55,46	0
	946,7	57,11	688.6	5956,99	57,05	6
	1008,0	5961,49	—	—	5961,49	—
	1060,5	5965,34	—	—	5963,34	—
	1086,0	67,17	—	—	67,17	—
	1112,0	69,04	—	—	69,04	—
	1129,0	70,26	—	—	70,26	—
	1190,0	74,65	883,5	5974,54	74,61	4
	1210,0	76,09	900,0	76,02	76,05	4
	1225,0	77,09	—	—	77,09	—
	1304,0	82,89	975,0	82,78	82,83	6
	1322,0	84,18	989,0	84,15	84,17	1
	1350,0	86,19	1013,0	5986,15	86,17	2
	1375,0	87,92	—	—	87,92	—
	1400,0	89,71	—	—	89,71	—
	1418,0	90,01	—	—	90,01	—
	1491,0	96,25	—	—	96,25	—
	1500,0	96,89	—	—	5996,89	—
	1572,0	5902,06	—	—	6002,06	—
	1647,0	6007,43	1250,0	6007,50	07,46	3
	1700,0	11,23	—	—	11,23	—
	1717,5	12,50	1305,4	12,48	12,49	1
	1761,0	15,63	1340,3	15,61	15,62	1
	1810,4	19,17	1379,3	19,11	19,14	3
	1833,4	20,81	1397,5	20,62	20,72	9
931,4	1863,3	6022,96	1422,5	6022,99	6022,97	1

Deuxième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
931,4	0,0	6022,96	0,0	6022,99	6022,97	1
	41,3	25.92	33,4	25,98	25,95	3
	253,3	41,10	203,2	41,26	41,18	8
	421,0	53,08	—	—	53,08	—
	445,9	55,04	358,0	55,14	55,09	5
	579,0	64,39	463,7	64,63	64,50	11
	736,8	75,67	—	—	75,67	—
	762,6	77,51	608,0	77,62	77,61	11
	61,5	81,91	—	—	81,91	—
	78,0	83,08	—	—	83,08	—
	124,5	86,50	—	—	86,50	—
	150,5	88,27	726,4	88,19	88,23	4
	180,3	90,40	—	—	90,40	—
	206,0	92,24	—	—	92,24	—
	228,5	93,84	—	—	93,84	—
	245,0	95,02	—	—	95,02	—
	279,5	97,48	—	—	97,48	—
	299,5	6098,90	—	—	6098,90	—
	1101,1	6101,69	877,5	6101,80	6101,74	5
	1137,6	04,30	907,6	04,50	04,40	10
	1178,0	07,15	937,4	07,23	07,18	3
	1216,5	09,93	—	—	09,93	—
	1292,3	15,31	1029,2	15,33	15,32	1
	1340,0	18,74	—	—	18,74	—
	1378,9	6121,15	1098,6	6121,14	6121,15	0

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1411,4	6123,83	1121,5	6123,62	6123,73	10
	1429,5	25,11	1137,7	25,08	25,10	1
	1454,0	26,86	1156,5	26,75	26,81	5
	1474,8	28,35	1176,1	28,49	28,42	7
	1505,0	30,30	1198,6	30,50	30,40	10
	1577,2	35,63	1255,9	35,63	35,63	0
876,5	1591,4	6136,63	1267,3	6136,64	6136,63	0
Troisième partie.						
876,7	1801,5	6136,13	0,0	6136,14	6136,13	0
	1737,8	40,68	49,3	40,53	40,61	7
	1692,5	43,89	—	—	43,89	—
	1653,2	46,69	119,5	46,83	46,76	7
	1634,5	48,08	—	—	48,08	—
	1600,0	50,48	160,2	50,47	50,48	0
	1563,0	53,13	—	—	53,13	—
	1555,0	53,69	—	—	53,69	—
	1547,0	54,25	202,2	54,16	54,21	4
	1513,7	56,63	230,7	56,76	56,70	7
	1463,0	60,24	264,7	59,82	60,03	19
	1449,8	61,18	280,4	61,23	61,20	2
	1430,6	62,54	294,0	62,43	62,49	5
	1407,0	63,75	—	—	63,75	—
	1391,4	65,32	328,5	65,53	65,42	10
	1350,6	68,24	359,5	68,30	68,28	2
	1334,3	69,39	371,7	69,39	69,39	0
	1293,4	72,29	—	—	72,29	—
	1265,8	74,27	427,0	74,34	74,30	3
	1246,0	75,68	443,4	75,80	75,74	6
	1196,1	79,22	482,5	79,29	79,25	3
	1085,6	87,06	569,3	87,04	87,05	1
	1037,8	90,46	608,3	90,53	90,50	4
	911,8	6199,41	709,0	6199,47	6199,64	3
	724,7	6212,70	855,0	6212,57	6212,34	6
	704,0	14,17	871,3	14,01	14,09	7
	685,8	15,46	—	—	15,46	—
	647,1	18,21	918,8	18,30	18,25	4
	609,0	20,91	}954,8	21,57	20,88	3
	588,5	22,38			22,35	
	545,5	25,41	998,8	25,38	25,40	1
	—	—	1029,3	28,13	28,13	—
	486,3	29,69	1046,8	29,70	29,69	0
	459,8	31,50	1066,8	31,50	31,50	0
	393,7	36,19	1117,1	36,03	36,11	8
	384,0	36,87	—	—	36,87	—
	377,0	37,37	1031,0	37,28	37,33	4
	351,5	39,18	}1059,0	39,76	39,20	2
	336,0	40,27			40,29	
	304,3	42,37	1087,0	42,39	42,38	1
	292,7	43,33	1097,5	43,20	43,27	6
	265,9	45,37	1223,0	45,43	45,40	3
	252,0	46,23	1231,6	46,43	46,33	10
	177,3	51,50	1292,9	51,58	51,54	4
	153,5	53,21	1309,7	53,14	53,18	3
	124,7	55,23	1333,2	55,24	55,29	1
	89,7	57,66	1359,5	57,58	57,62	4
	55,6	60,09	1389,0	60,22	60,15	6
	24,0	62,36	1413,7	62,55	62,46	10
815,1	0,0	6264,06	1432,7	6264,13	6264,09	3
Quatrième partie.						
815,1	1914,0	6264,06	0,0	6264,13	6264,09	3
	1942,0	69,03	57,5	69,24	69,13	10
	1832,0	69,93	—	—	69,93	—
	1743,0	76,07	134,7	76,12	76,09	2
	1731,0	76,90	142,6	76,83	76,86	4
	1713,5	6277,14	159,8	6278 35	6278,24	10
	1694,5	6279,60	171,8	6279,52	6279,56	4
	1666,6	81,56	196,4	81,61	81,58	2
	1621,1	84,76	—	—	84,76	—
	1597,1	86,46	—	—	86,46	—
	1546,3	90,09	289,0	90,04	90,07	2
	1526,7	91,46	309,0	91,54	91,54	9
	1490,0	94,03	—	—	94,03	—
	1452,0	96,71	}378,0	6297,86	96,71	—
	1425,7	6298,50			6298,50	—
	1398,8	6300,44	409,1	6300,55	6300,79	5
	1383,6	01,63	421,5	01,66	01,64	1
	1270,5	09,54	—	—	09,54	—
	1209,4	13,82	560,7	14,05	13,93	11
	1165,6	16,98	593,1	16,87	16,92	6
	1149,6	18,08	608,7	18,25	18,16	8
	1100,5	21,56	—	—	21,56	—
	918,7	34,36	787,3	34,22	34,29	7
	897,0	35,89	806,6	35,93	35,91	2
	866,5	38,01	828,9	37,91	37,96	5
	794,0	43,10	888,4	43,20	43,15	5
	753,0	46,01	921,9	46,18	46,09	8
	639,5	54,03	—	—	54,03	—
	589,0	57,57	1052,3	57,77	57,67	10
	555,0	61,03	1092,0	61,29	61,16	13
	532,0	64,23	—	—	64,23	—
	309,0	77,29	1272,9	77,36	77,32	3
	275,0	79,69	1300,0	79,77	79,73	4
	91,8	92,59	1443,0	92,63	92,61	2
757,0	0,0	6399,03	1516,5	6399,00	6399,02	1
Cinquième partie.						
757,0	0,0	6399,03	0,0	6399,00	6399,02	1
	116,0	6407,18	90,8	6407,05	6407,12	6
	166,2	10,28	129,0	10,44	10,36	8
	211,0	13,85	159,8	13,83	13,84	1
	236,0	15,61	187,8	15 66	15,64	3
	283,0	18,92	224,1	18,87	18,90	2
	303,5	20,41	240,3	20,31	20,36	5
	440,2	29,94	346,1	29,75	29,85	9
	461,0	31,46	—	—	31,46	—
	556,7	38,13	440,2	38,03	38,08	5
	711,5	49,10	562,8	48,89	49,00	10
	794,0	54,73	630,7	54,90	53,82	8
731,7	893,0	61,69	707,5	61,70	61,70	1
	917,1	63,37	728,5	63,56	63,46	9
	967,0	66,86	—	—	66,86	—
	990,3	68,50	784,5	68,51	68,50	0
	1018,3	70,44	806,9	70,54	70,47	3
	1034,6	71,57	—	—	71,57	—
	1077,0	74,53	851,6	74,41	74,57	4
	1136,9	78,73	—	—	78,73	—
	1167,1	80,85	924,8	80,94	80,90	5
	1191,6	82,55	842,0	82,47	82,51	4
	1275,0	88,40	—	—	88,40	—
	1294,0	89,73	1026,0	89,85	89,79	6
	1328,0	92,10	1051,7	92,16	92,13	3
	1337,0	92,72	—	—	92,72	—
	1354,0	93,92	1071,0	93,87	93,90	2
	1367,0	94,83	1082,0	94,85	94,84	1
	1382,0	95,88	1097,0	6496,18	96,03	15
	1412,0	6497,97	—	—	6497,97	—
	1418,0	6501,51	—	—	6501,51	—
	1602,0	11,24	1270,8	6511,49	11,36	12
	1638,0	13,77	1299,0	14,03	13,90	13
	1663,0	15,51	1316,2	15,55	15,53	2
	1689,0	17,31	}1341,9	6517,82	17,32	1
	1703,0	6518,27			6518,28	

Raies	Sixième spectre		Cinquième spectre		Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	m_6	λ	m_5	λ		
	1768,0	6522,86	1399,3	6522,89	6522,87	1
	1891,6	31,47	—	—	31,47	—
	1913,0	32,95	—	—	32,95	—
	1956,0	35,96	—	—	35,96	—
	2032,5	41,29	1605,4	41.06	41,18	11
	2055,8	42,91	1627,4	43,01	42,96	5
	2087,0	45,10	1651,4	45,15	45,12	2
	2123.0	47,58	1678,9	6547,57	47,58	0
	2154,0	6549,79	—	—	6549,79	—

Raies	Sixième spectre		Cinquième spectre		Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	m_6	λ	m_5	λ		
	2180,0	6551,57	1722,0	6551,43	6551,50	7
	2246,0	55,91	—	—	55,91	—
	2266,0	57,31	1790,1	57,28	57.30	1
	2278,0	58,11	1800,3	58,18	58,14	3
	2298,0	59,51	—	—	59,51	—
C	2328,6	61,80	1840,4	61,83	61.81	1
	87,9	67,92	69,0	67,90	67,91	1
	132,6	71,08	105,0	81,10	71,09	1
	172,4	6583,86	134,0	6573,66	6573,76	10

E — F

Première partie.

Raies	m_6	λ	m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
E	— 6,3 + 6,3	5269,45 5268,51	0,0	5268,98	5268,98	0
	—	—	18,3	67,23	67,23	—
	43,3	65,80	35,8	65,74	65,77	3
	59,7	64,53	49,3	64,52	64,52	0
	77,2	63,36	62,4	63,34	63,35	1
	89,8	62,42	72,3	62,45	62,44	2
	109,4	60,98	89,1	60,93	60,95	2
	—	—	103,5	59,63	59,63	—
	204,5	54,03	164,6	54,09	54,06	3
	225,3	52,49	183,4	52,41	52,45	4
	246,1	50,97	198,7	51,03	51,00	3
	263,0	49,62	213,4	49,70	49,66	4
	281,3	48,39	226,7	48,51	48,45	6
	310,4	46,26	251,2	46,30	46,28	2
	359,3	42,68	290,4	42,74	42,71	3
	374,7	41,55	304,6	41,46	41,52	3
	409,3	39,02	331,9	38,99	39,01	1
	446,4	36,33	362,5	36,27	36,30	3
	472,8	34,39	382,3	34,36	34,38	1
	484,6	33,51	389,9	33,65	33,58	7
	503,7	32,10	408,3	32,10	32,10	0
	545,6	29,01	442,6	28,99	29,00	1
	566,8	27,48	458,9	27,50	27,49	1
	583,7	26,25	473,1	26,23	26,24	1
	—	—	494,7	24,28	24,28	—
	710,0	17,00	572,1	17,29	17,14	14
	717,5	16,45	580,2	16,56	16,50	5
	730,7	15,48	591,6	15,53	15,50	2
	747,0	14,30	603,8	14,43	14,36	6
	812,4	09,49	659,5	09,40	09,45	4
	838,1	07,62	678,5	07,67	07,64	2
	869,5	05,30	706,0	05,16	05,23	13
	889,6	03,84	722,6	03,64	03,74	10
	921,3	5201,52	745,8	5201,55	5201,53	1
	945,2	5199,74	766,1	5199,71	5199,73	1
	972,2	97,82	784,7	98,03	97,92	10
	982,2	97,08	796,3	96,98	97,03	5
	1012,5	95,15	815,7	95,21	95,18	3
	1022,0	94,09	828,0	94,10	94,09	0
	1055,4	91,65	855,0	91,66	91,65	0
	1069,8	90,58	867,4	90,53	90,53	3
	1103,2	88,14	893,9	88,22	88,18	4
	1114,3	87,35	—	—	87,35	—
	1143,8	85,17	928,9	85,04	85,10	7
b_1	1174,5	82,96	951,1	82,95	82,96	0
	1314,5	72,66	966,0	82,56	82,61	5
b_2	1323,3	82,02	1072,1	72,01	72,02	0
	1335,9	71,10	1083.1	71,01	71,06	4
b_3	1373,9	68,32	1112,5	68,36	68,34	2
b_4	1395,4	66,74	1130,3	66,74	66,74	0
b_1	151,4	82,96	119,6	82,96	—	—
	103,0	79,51	81,6	79,54	79,52	1
	85,5	78,15	66,6	78,10	78,13	2
	62,0	76,38	48,6	76,89	76,38	0
	49,5	75,52	40,6	75,67	75,59	7
b_2	0,0	5172,02	0,0	5172,02	5172,02	—

Deuxième partie.

Raies	m_6	λ	m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
b_4	0,0	5166,75	1388,3	5166,75	5166,75	0
	14,4	65,80	1376,5	65,68	65,74	6
	29,6	64,69	1363,4	64,49	64,59	10
	69,6	61,65	1331,3	61,58	61,62	3
	113,3	58,45	1298,0	58,55	58,50	5
	158,1	55,15	1258,0	54,96	55,06	9
	187,0	53,05	1238,0	53,11	53,08	3
	192,5	52,62	1231,0	52,47	52,55	7
	210,6	51,29	1217,0	51,23	51,26	3
	227,0	50,08	1205,5	50,20	50,14	6
	262,0	47,52	1175,5	47,45	47,49	3
	285,9	45,77	1156,0	45,68	45,73	4
	301,7	44,60	1142,0	44,40	44,50	10
	336,0	42,09	1115,0	41,95	42,02	7
	347,3	41,26	1106,5	41,20	41,23	3
	382,4	38,66	1078,1	38,61	38,64	2
	407,3	36,83	1057,5	36,75	36,79	4
	458,6	33,09	1014,5	32,84	32,96	13
	488,4	30,85	992,0	30,80	30,83	2
	519,6	28,59	968,0	28,62	28,60	1
	546,3	26,63	947,0	26,71	26,67	1
	561,7	25,49	933,0	25,44	25,47	2
	576,7	24,40	921,5	24,41	24,40	0
	593,0	23,28	906,7	23,07	23,18	10
	624,0	20,90	886,0	21,18	21,04	14
	638,0	19,88	873,0	20,01	19,94	6
	706,6	14,83	817,0	14,92	14,87	4
	741,1	12,28	789,0	12,36	12,32	4
	775,2	09,77	761,0	09,84	09,80	3
	787,3	08,87	749,6	08,80	08,84	3
	815,1	06,84	732,0	07,20	07,02	18
	841,9	04,86	708,0	05,01	04,93	7
	860,0	5103,52	694,0	03,75	03,63	11
	—	—	677,0	5102,20	5102,20	—
	922,1	5098,96	643,4	5099,15	5099,05	9
	934,0	98,07	633,0	98,21	98,14	7
	956,5	96,43	615,0	96,58	96,50	7
	1040,9	90,22	547,0	90,40	90,31	9
	1131,5	83,54	472,0	83,55	83,54	0
	1144,5	82,54	460,0	82,37	82,46	8
	1157,6	81,81	452,0	81,75	81,78	3
	1171,0 1183,0	80,64 79,74	434,0	80,20	80,64 79,74	0
	1196.6 1209,2	78,76 77,82	415,0	78,40	78,81 77,87	5
	1237,0	75,77	387,0	75,87	75,82	5
	1260,0	74,07	368,0	74,14	74,10	3
	1291,0	71,67	341,5	71,74	71,70	3
	1342,7	67,98	303,5	68,28	68,13	15
	1366,4	66,23	284,0	66,51	66,37	14
	1393,0	64,26	262,5	64,53	64,39	13
	1458,0	59,63	210,5	59,83	59,73	10
	1574,5	50,98	113,0	50,96	50,97	1
	1595,0	49,36	95,0	49,33	49,35	1
	1616,9	47,75	78,0	47,82	47,78	3
	1675,0	43,35	30,0	43,45	43,40	5
1834,0	1706,0 1720,0	41,16 5040,12	40,0	5040,69	41,18 5040,14	2

Troisième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
1834,0	0,0	5040,64	921,4	5040,69	5040,66	2
	33,2	38,20	893,0	38,11	38,16	4
	70,2	35,46	861,0	35,20	35,33	13
	142,0	30,15	804,4	30,11	30,13	2
	156,3	29,10	791,4	28,86	28,98	12
	181,0	27,30	764,0	27,28	27,29	1
	192,7	26,41	774,0	26,38	26,40	1
	218,6	25,62	—	—	25,62	—
	256,1	21,75	—	—	21,75	—
	264,0	21,16	—	—	21,16	—
	288,0	19,38	—	—	19,38	—
	312,1	17,59	668,0	17,65	17,62	3
	360,1	14,06	625,0	13,73	14,08	2
	370,1	13,32			13,34	
	394,3	11,52	598,5	11,32	11,42	10
	461,3	06,53	547,0	06,63	06,58	5
	479,4	05,23	531,5	05,22	05,23	0
	507,7	03,11	508,5	03,03	03,07	4
	521,9	02,04	496,0	01,90	01,97	7
	536,1	5000,98	486,0	5001,09	5001,03	5
	553,0	4999,72	—	—	4999,72	—
	567,4	98,66	466,0	4998,94	98,80	14
	584,4	97,40	—	—	97,40	—
	603,1	95,94	429,0	95,89	95,91	3
	643,6	93,19	401,5	93,38	93,28	9
	679,0	90,47	367,5	90,20	90,34	13
	709,1	88,26	346,5	88,38	88,32	6
	757,6	84,70	306,0	84.69	84,70	0
	774,3	83,42	294,0	83,60	83,31	11
	785,6	82,59	—	—	82,59	—
	794,7	81,94	273,0	81,70	81,82	12
	806,7	81,03	—	—	81,03	—
	825,2	79,67	250,0	79,58	79,62	5
	850,3	77,92	229,0	77,68	77,80	12
	878,0	75,75	—	—	75,75	—
	923,2	72,40	168,5	72,17	72,29	11
	992,1	67,32	115,0	67,28	67,30	2
	1017,0	65,47	92,0	65,19	65,33	14
	1028,1	64,64	—	—	64,64	—
	1068,5	61,66	—	—	61,66	—
1961,0	1135,5	4956,71	0,0	4956,75	4956,73	2

Quatrième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
o 1961,0	0,0	4956,71	0,0	4956,75	4956,73	2
	32,0	4954,29	26,5	4954,30	4954,29	0
	65,0	4951,85	50,5	4952,08	4951,96	11
	99,7	49,25	78,0	49,54	49,40	15
	149,4	45,53	121,5	45,52	45,53	0
	162,3	44,52	130,5	44,59	44,55	3
	200,0	41,80	161,0	41,86	41,83	3
	241,8	38,62	196,5	38,58	38,60	2
	260,0	37,23	—	—	37,23	—
	272,0	36,35	—	—	36,35	—
	290,5	34,96	233,3	35,19	35,07	11
	311,2	33,41	252,2	33,40	33,41	0
	321,0	32,68	258,0	32,90	32,75	7
	343,0	31,01	275,0	31,33	31,17	16
	365,0	29,35	292,5	29,60	29,47	11
	400,2	26,75	322,0	26,98	26,86	11
	431,0	24,45	347,0	24,56	24,50	5
	449,5	23,07	364,5	23,05	23,06	1
	473,0	21,30	383,5	21,30	21,30	0
	493,7	19,74	400,0	19,77	19,75	1
	514,5	18,19	416,7	18,14	18,17	2
	522,5	17,61	—	—	17,61	—
	538,0	16,43	—	—	16,43	—
	*[589,7	12,56]	472,0	13,21	13,21	—
	608,0	11,19	493,0	11,17	11,18	1
	*[658,8	07,37]	538,0	07,00	07,00	—
	704,2	03,98	571,5	03,90	03,94	4
	725,6	4902,38	586,0	4902,56	4902,47	9
	766,2	4899,33	621,0	4899,33	4899,33	0
	813,0	95,82	—	—	95,82.	—
	861,5	92,19	—	—	92,19	—
	884,8	90,44	711,5	90,84	90,84	0
			721,2	90,05	90,05	
	914,4	88,22	740,0	88,31	88,26	4
	939,0	86,37	758,5	86,60	86,67	8
			767,0	85,81	85,88	
	963,5	84,54	781,0	84,51	84,52	2
	982,0	83,16	—	—	83,16	—
	1013,5	81,92	798,5	82,90	82,88	2
			819,0	81,00	80,98	
	1058,2	77,43	857,5	77,43	77,43	0
	1087,0	75,26	879,6	75,39	75,32	6
	1121,0	72,72	903,5	73,16	72,94	22
	1140,7	71,23	923,0	71,36	71,29	6
	1151,3	70,49	933,0	70,45	70,47	2
	1192,0	67,40	963,5	67,62	67,51	11
	1221,0	65,30	—	—	65,30	—
	1242,0	63,64	1009,5	63,43	63,54	10
F	1282,6	4860,59	1039,2	4860,61	4860,60	1

F—G

Première partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
F	0,0	4860,59	0,0	4860,60	4860,60	1
	20,0	59,10	14,4	59,24	59,17	7
	80,0	54,61	61,5	54,85	54,73	12
	—	—	103,0	50,90	50,90	—
	—	—	133,6	48,10	48,10	—
	—	—	193,3	42,40	42,40	—
	—	—	230,0	39,16	39,16	—
	306,0	37.71	245,4	37,64	37,67	4
	—	—	272,7	35,06	35,06	—
	365,0	33,28	293.0	33,21	33,25	3
	385,0	31,79	307,9	31,76	31,78	1
	407,0	30,19	323,7	30,20	30,20	1
	—	—	343,8	28,43	28,43	—
	507,0	22,66	403,7	22,86	22,76	10
	547,0	19,66	435,1	19,89	19,77	11
	584,0	4816,88	466,0	16,99	16,93	5
	—	—	524,0	4811,56	4811,56	—
	—	—	544,0	4809,69	4809,69	—
	702,0	4808,05	562,0	08,01	08,03	2
	—	—	579,3	06,36	06,36	—
	—	—	600,4	04,41	04,41	—
	—	—	622,5	4802,33	4802,33	—
	810,0	4799,95	650,0	4799,87	4799,91	4
	823,0	99,00	—	—	99,00	—
	842,0	97,56	673,3	97,58	97,57	1
	921,5	91,61	736,0	91,70	91,65	4
	962,5	88,54	768,5	88,66	88,60	6
	1000,0	85,72	798,8	85,83	85,77	5
	1043,0	82,52	832,4	82,68	82,60	8
	1094,0	78,72	—	—	78,72	—
	1137,0	75,50	908,4	75,56	75,53	3
	1186,2	71,76	948,5	71,80	71,78	2
	1207,0	70,20	965,0	70,26	70,23	3
	1245,0	67,33	993,8	67,56	67,45	12
	1268,0	4765,76	1012,5	4765,80	4765,78	2

*) Les deux raies D du cinquième spectre. En multipliant leurs longueurs d'onde par $\frac{5}{6}$ on aura 4712,49 et 4707,48; nombres qui diffèrent très peu de celles en haut qu'on obtient en supposant que les deux raies appartiennent au sixième spectre.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1281,0	4764,64	1024,7	4764,67	4764,65	1
	1298,7	61,50	1057,5	61,58	61,54	4
	1333,5	60,71	—	—	60,71	—
	1385,0	56,92	1106,0	56,97	56,94	2
	1407,0	55,18	1125,0	55,26	55,22	4
	—	—	1145,3	53,35	53,35	—
	1433,7	51,21	1166,1	51,18	51,20	1
	1460,0	47,19	1210,0	47,26	47,22	3
	1513,5	45,24	1232,7	45,17	45,20	4
	1539,6	43,45	—	—	43,45	—
	1562,7	41,88	1270,0	41,66	41,77	11
	1661,2	36,11	1329,0	36,13	36,12	1
	1703,0	32,95	1362,8	32,96	32,95	0
	1731,0	30,83	1385,3	30,84	30,83	0
	1789,5	26,47	1429,4	26,69	26,58	11
	1828,0	23,57	—	—	23,57	—
	1857,0	21,41	—	—	21,41	—
	1952,0	14,32	*[1543,3	16,00]	14,32	—
	1961,0	13,66	1567,9	13,72	13,69	3
	1985,0	11,86	*[1595,0	11,18]	11,86	—
	2018,0	09,38	1614,2	09,37	09,38	0
	2033,5	08,20	1625,6	08,30	08,25	5
	2056,5	06,48	1644,7	06,50	06 49	1
2264,0	2111,0	4702,29	1689,1	4702,34	4702,32	8

Deuxième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
2264,0	0,0	4702,29	0,0	4702,34	4702,32	3
	21,0	4700,73	15,0	4700,94	4700,83	10
	58,5	4697,89	45,6	4698,06	4697,97	8
	155,4	90,61	125,7	90,54	90,57	4
	280,0	81,24	224,3	81,28	81,26	2
	302,2	79,59	243,3	79,50	79,54	5
	324,3	77,91	260,0	77,93	77,92	1
	—	—	272,0	76,80	76,80	—
	—	—	320,0	72,30	72,30	—
	472,0	66,77	{376,0	67,03	67,09	6
			{384,0	66,28	66,34	
	517,0	63,41	415,0	63,37	63,39	2
	†[550,0	61,01]	433,0	61,68	61,68	—
	618,0	55,80	491,0	56,23	56,02	22
	†[637,0	54,48]	—	—	—	—
	642,5	53,95	515,0	53,90	53,93	2
	682,0	50,97	544,0	51,25	51,11	14
	724,0	47,81	}593,5	46,60	47,85	4
	758,5	45,21			45,25	
	785,0	43,12	629,0	43,26	43,19	7
	831,0	39,74	}672,5	39,17	39,67	7
	842,0	38,91			38,84	
	866,8	37,12	693,5	37,19	37,16	4
	—	—	728,0	33,96	33,96	—
	934,0	32,00	748,0	32,08	32,04	4
	—	—	774,0	29,63	29,63	—
	—	—	800,0	27,18	27,18	—
	—	—	824,6	24,87	24,87	—
	—	—	859,0	21,64	21,64	—
	1113,4	18,56	891,5	18,58	18,57	1
	1136,0	16,75	913,0	16,56	16,65	10
	—	—	924,0	15,42	15 42	—
	1189,5	12,74	955,7	12,54	12,64	10
	1218,6	10,53	976,7	10,75	10,64	10
	1269,7	06,67	1018,0	06,68	06,67	0
	1300,2	04,39	1040,0	04,61	04,50	11
	1324,6	02,54	1060,0	4602,73	02,64	10
	1350,9	4600,49	}1089,2	4599,98	4600,49	0
	1365,0	4599,49			4599,49	
	1395,1	97,21	1118,0	97,27	97,24	3
	1425,7	4594,88	—	—	4594,88	—

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1465,5	4591,87	1173,0	4591,99	4591,93	6
	1480,4	90,62	1185,0	90,97	90,80	18
	1499,1	89,37	—	—	89,37	—
	1553,7	85,29	1246,1	85,22	85,26	3
	1580,0	83,25	—	—	83,25	—
	1612,0	80,83	1292,7	80,84	80,83	0
	1630,0	79,52	1306,0	79,58	79,55	3
	1646,0	78,26	1320,0	78,26	78,26	0
	1706,5	73,70	1372,0	73,37	73,53	17
	1736,0	71,47	1392,5	71,43	71,45	2
	1745,0	70,80	—	—	70,80	—
	1777,0	68,38	1422,0	68,66	68,52	14
	—	—	1438,0	67,15	67,15	—
	—	—	1444,0	66,60	66,60	—
	1822,5	64,93	1463,0	64,73	64,83	10
	1846,0	63,16	1479,7	63,23	63,20	4
	1895,0	59,45	—	—	59,45	—
	1912,0	58,20	1536,0	57,93	58,07	13
	—	55,23	1562,5	55,43	55,33	10
	1975,0	53,41	1584,0	53,41	53,41	0
	1997,2	51,72	1600,5	51,77	51,75	3
	—	—	1618,0	50,20	50,20	—
2467,0	2036,5	4548,75	1630,5	4549,02	4548,88	13

Troisième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
2467,0	0,0	4548,75	0,0	4549,02	4548,88	13
	31,8	46,33	25,5	46,62	46,47	14
	64,8	43,83	54,0	43.95	43,89	6
	—	—	77,1	41,76	41,76	—
	—	—	93,5	40,22	40,22	—
	—	—	119,0	37,81	37,81	—
	179,8	35,59	144,2	35,44	35.52	7
	205,8	33,17	166,7	33,32	33,24	7
	219,8	32,10	180,5	32,01	32,06	4
	243,8	30,29	200,0	30,18	30,24	5
	262,8	28,86	216,5	28,63	28,75	11
	274,8	27,95	222,5	28,03	27,99	4
	300,5	26,00	243,5	26,13	26,06	6
	—	—	261,5	24,38	24,38	—
	—	—	277,0	22,92	22,92	—
	351,8	22,11	287,5	21,86	21,99	12
	385,8	19,55	312,5	19,58	19,56	1
	408,8	17,81	—	—	17,81	—
	542,8	07,66	—	—	07,66	—
	621,8	01,68	—	—	01,68	—
	637,8	4500,48	{513,0	00,68	00,69	1
			{517,7	4500,23	4500,24	
	667,8	4498,20	539,1	4498,21	4498,20	0
	694,3	96,20	561,8	96,08	96,14	6
	728,8	93,58	585,1	93,88	93,73	15
	—	—	632,5	89,40	89,40	—
	843,0	84,87	—	—	84,87	—
	860,3	83,63	690,5	83,94	83,79	16
	—	—	700,5	82,99	82,99	—
	879,6	82,17	708,5	82,24	82,20	3
	896,3	80,90	—	—	80,90	—
	917,8	79,27	—	—	79,27	—
	968,8	75,41	781,5	75,35	75,38	3
	1008,8	72,37	—	—	72,37	—
	1047,8	69,42	—	—	69,42	—
	1095,3	65,83	880,3	66,03	65,93	10
	1119,8	63,96	—	—	63,96	—
	1157,3	61,11	932,5	61,10	61,10	0
	1189,8	58,66	959,3	58,51	58,59	7
	1203,8	57,59	967,5	57,80	57,69	10
	1234,3	4455,28	995,0	4455,20	4455,24	4

*) Les deux raies D du quatrième spectre. En multipliant leurs longueurs d'onde par $\frac{4}{5}$ on obtient 4715,99 et 4711,18.

†) Deux raies du calcium; leurs longueurs d'onde 5593,43 et 5595,55 multipliées par $\frac{5}{6}$ donnent 4661,10 et 4654,63.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	1252,8	4453,89	1006,2	4454,15	4454 02	13
	—	—	1046,5	50,35	50,35	—
	1397,0	49,44	—	—	49,44	—
	1344,8	46,90	1082,5	46,94	46,92	2
	1404,8	42,35	1133,5	42,13	42,24	9
	1508,5	34,48	1214,5	34,48	34,48	0
	1549,8	31,34	—	—	31,34	—
	1570,8	29,75	1262,5	29,95	29,85	10
	1608,8	26,87	1296,5	26,74	26,80	7
	1631,8	25,13	1316,5	24,85	24,99	14
	1670,8	22,17	1347,5	21,93	22,05	12
	1725,2	18,03	—	—	18,03	—
	1743,8	16,62	—	—	16,62	—
2670,0	1769,1	4414,70	1424,0	4414,71	4414,70	0

Quatrième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
2670,0	0,0	4414,70	0,0	4414,74	4414,72	2
	92,0	07,74	—	—	07,74	—
	137,0	04,27	115,0	04,14	04,20	7
	170,5	01,74	143,0	01,58	01,68	10
	184,0	4400,78	153,0	4400,67	4400,72	4
	200,0	4399,51	164,0	4390,64	4399,58	7
	265,0	94,57	219,0	94,59	94,58	1
	—	—	231,0	4393,49	93,49	—
	284,7	92,97	—	—	92,97	—
	332,5	89,43	—	—	89,43	—
	345,2	4388,48	—	—	4388,48	—
	367,4	4386,79	—	—	4386,79	—
	394,8	84,70	—	—	84,70	—
	418,8	82,88	349,0	4382,65	82,77	11
	450,3	80,51	} 381,0	79,71	80,44	7
	467,5	79,18			79,11	
	515,1	75,56	429,5	75,25	75,41	15
	532,3	74,22	442,0	74,11	74,17	5
	581,9	70,49	480,0	70,61	70,55	6
	599,8	69,14	494,2	69,30	69,22	8
	621,5	67,46	513,0	67,58	67,52	6
	635,8	66,35	—	—	66,35	—
	681,0	62,96	564,0	62,90	62,93	3
	733,0	59,00	605,0	59,12	59,06	6
	743,5	58,20	—	—	58,20	—
	776,0	55,68	—	—	55,68	—
	791,8	54,52	655,0	54,53	54,52	0
	818,8	52,47	—	—	52,47	—
	825,9	51,92	} 689,5	51,22	51,82	10
	841,7	50,92			50,82	
	894,6	46,70	—	—	46,70	—
	924,8	44,40	—	—	44,40	—
	942,4	43,06	—	—	43,06	—
	982,0	40,05	812,0	40,07	40,06	1
	1025,6	36,75	—	—	36,75	—
	1046,9	35,10	—	—	35,10	—
	1053,9	34,58	—	—	34,58	—
	1079,1	32,66	—	—	32,66	—
	1113,6	30,04	—	—	30,04	—
2822,0	1177,5	25,16	974,4	25,16	25,16	0
G	1235,5	4307,23	1169,3	4307,23	4307,23	0

G—H

Première partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
2822,0	0,0	4325,16	974,4	4325,16	4325,16	0
	30,7	22,88	1000,8	22,74	22,81	7
	64,3	20,27	1027,4	20,27	20,27	0
	94,0	18,01	—	—	18,01	—
	112,0	16,64	—	—	16,64	—
	138,4	14,62	}1094,3	14,10	14,58	4
	149,8	13,76			13,72	
	166,4	12,49	1113,5	12,36	12,43	6
	176,8	11,70	—	—	11,70	—
G	235,5	07,23	1169,3	07,23	07,23	0
	261,2	05,28	—	—	05,28	—
	303,3	02,06	1228,2	01,80	01,93	13
	322,0	4300,64	—	43 —	4300,64	—
	350,0	4298,56	1260,8	4298,52	4298,54	2
	361,6	97,62	—	—	97,62	—
	373,2	96,74	—	—	96,74	—
	393,8	95,00	—	—	95,00	—
	410,9	93,95	1314,0	93,91	93,93	2
	438,0	91,98	}1341,0	91,43	92,05	7
	454,0	90,60			90,67	
	469,2	89,42	1362,0	89,39	89,41	1
	478,0	88,75	—	—	88,75	—
	495,3	87,41	}1403,0	85,72	87,44	3
	541,4	83,92			83,95	
	562,4	82,31	1442,5	82,08	82,20	11
	587,0	80,44	}1464,0	80,11	80,48	4
	598,0	79,60			79,64	
	633,0	76,93	—	—	76,93	—
	663,0	74,64	1524,5	74,53	74,59	5
	684,5	73,01	—	—	73,01	—
	708,1	71,30	1559,8	4271,28	71,29	1
	730,7	69,47	—	—	69,47	—
	754,0	67,71	—	—	67,71	—
	803,3	4263,94	—	—	4263,94	—
	836,8	4261,39	—	—	4261,39	—
	855,0	59,99	1682,3	4260,00	59,99	0
	876,0	58,40	—	—	58,40	—
	915,0	55,35	—	—	55,35	—
	935,3	53,87	—	—	53,87	—
	954,4	52,42	—	—	52,42	—
	979,3	50,51	}1789,0	50,16	50,51	0
	988,9	49,78			49,78	
	1010,7	48,21	}1819,0	47,40	48,13	8
	1026,2	46,94			46,86	
	1049,3	45,17	—	—	45,17	—
	1075,7	43,15	}1873,0	42,42	43,09	6
	1091,4	41,96			41,89	
	1133,0	38,78	1914,0	38,65	38,72	6
	1161,0	36,64	—	—	36,64	—
	1175,5	35,54	—	—	35,54	—
	1207,8	33,11	1978,0	32,84	32,98	13
	1260,1	29,14	—	—	29,14	—
3040,0	1296,4	4226,30	2047,0	4226,39	4226,34	4

Deuxième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	λ	Cinquième spectre m_5	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
3040,0	0,0	4226,30	0,0	4226,39	4226,34	4
	27,5	24,20	—	—	24,20	—
	45,5	22,86	—	—	22,86	—
	60,4	21,69	—	—	21,69	—
	104,5	18,32	—	—	18,32	—
	127,5	16,56	—	—	16,56	—
	145,4	15,23	119,5	15,39	15,31	8
	168,8	13,41	—	—	13,41	—
	215,0	09,88	—	—	09,88	—
	262,7	06,23	—	—	06,23	—
	285,0	04,53	—	—	04,53	—
	301,5	03,27	—	—	03,27	—
	324,9	4201,58	270,5	4201,49	4201,54	4

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	341,0	4200,25	—	—	—	—	4200,25	—
	369,0	4198,11	—	—	—	—	4198,11	—
	375,0	97,93	308,5	4197,99	—	—	97,96	3
	390,0	96,50	—	—	—	—	96,50	—
	404,4	95,40	—	—	—	—	95,40	—
	412,5	94,75	345,5	94,67	—	—	94,71	4
	462,5	91,09	382,0	91,23	—	—	91,16	7
	495,0	88,47	—	—	—	—	88,47	—
	513,0	87,10	425,0	87,25	—	—	87,17	7
	519,0	86,64	431,0	86,71	—	—	86,67	3
	559,5	83,55	468,0	83,49	—	—	83,52	3
	589,5	81,29	489,0	81,39	—	—	81,34	5
	621,0	78,84	—	—	—	—	78,84	—
	643,7	77,10	536,0	77,08	—	—	77,09	1
	713,5	71,77	594,0	71,74	—	—	71,76	1
	779,5	66,71	649,5	66,63	550,0	4166,55	66,63	5
	801,5	64,94	—	—	—	—	64,94	—
	826,4	63,13	—	—	—	—	63,13	—
	856,0	60,86	—	—	—	—	60,86	—
	886,0	58,51	—	—	—	—	58,51	—
	901,0	57,42	—	—	—	—	57,42	—
	922,3	55,79	769,5	55,57	468,0	55,84	55,73	8
	949,9	53,75	788,5	53,82	} 441,0	52,64	53,78	3
	978,0	51,52	—	—			51,52	—
	—	—	825,0	50,44	421,0	50,26	50,35	9
	1016,5	48,58	845,0	48,60	} 399,5	47,71	48,59	1
	1036,0	47,09	—	—			47,09	—
	1087,0	43,17	904,3	43,15	352,0	43,07	43,13	3
	1106,6	41,68	—	—	341,0	41,77	41,72	4
	1138,5	39,24	—	—	320,0	39,27	39,25	1
	1175,0	36,45	—	—	296,0	36,26	36,36	9
	1206,0	34,08	1004,0	33,95	274,0	33,80	33,94	6
	1238,8	31,55	1029,0	31,60	254,0	31,42	31,52	5
	*[1255,5	30,28]	—	—	217,0	27,27	27,27	—
	1315,3	25,71	—	—	203,0	25,61	25,66	5
	—	—	—	—	182,0	22,82	22,82	—
	1370,0	21,52	—	—	—	—	21,52	—
	—	—	—	—	163,0	20,56	20,56	—
	1406,6	18,71	—	—	—	—	18,71	—
	1419,7	17,69	—	—	140,0	17,86	17,77	6
h	1636,7	4101,04	1858,5	4101,28	0,0	4101,21	4101,18	7

Troisième partie.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
h	0,0	4101,04	0,0	4101,28	0,0	4101,21	4101,18	7
	—	—	41,0	4097,52	31,2	4097,50	4097,51	1
	—	—	69,0	94,92 {	48,0	95,59	95,59	—
	—	—			56,0	94,54	94,54	—
	—	—	104,0	91,69	78,0	91,92	91,80	11
	117,5	4089,69	—	—	96,0	89,78	89,73	4
	220,0	84,16	189,0	83,85	143,0	84,19	84,07	10
	—	—	—	—	182,0	79,55	79,55	—
	315,0	76,88	265,0	76,83	203,2	77,03	76,91	6
	325,0	76,11	272,0	76,19	209,0	76,34	76,21	7
	390,3	71,13	329,5	70,87	255,0	70,87	70,96	9
	—	—	377,0	66,48	295,0	66,12	66,30	18
	495,0	63,11	417,0	62,81	323,0	62,73	62,88	12
	—	—	—	—	370,0	57,18	57,18	—
	—	—	—	—	393,0	54,42	54,42	—
	†[661,7	50,28]	—	—	417,0	51,68	51,68	—
	—	—	—	—	446,0	48,13	48,13	—
	730,0	4045,11	610,5	4044,94	473,0	44,92	45,00	6
	—	—	—	—	514,0	40,04	40,04	—
	—	—	—	—	566,0	33,85	33,85	—
	—	—	—	—	603,0	29,44	29,44	—
	—	—	—	—	646,0	24,34	24,34	—
	—	—	—	—	681,0	4020,16	4020,16	—

*) Raie du fer du 5e spectre; $\lambda = 4956{,}7$ donne 4130,6.

†) „ F „ „ ; $\lambda = 4860{,}6$ donne 4050,5.

Raies	Sixième spectre m_6	Sixième spectre λ	Cinquième spectre m_5	Cinquième spectre λ	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde	Différence
	—	—	918,0	4016,53	708,0	4016,94	4016,73	20
	—	—	1047,0	4004,62	810,0	04,80	04,71	9
	—	—	—	—	839,0	4001,36	4001,36	—
	—	—	—	—	869,0	3997,78	3997,78	—
H_I	—	—	1446,0	3967,76	1119,0	3968,00	67,88	12
	—	—	*[1778,0	87,04]	—	—	—	—
H_{II}	—	—	1823,0	3932,82	—	—	3932,82	—

C — B

Raies	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ	Raies	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ	Raies	Quatrième spectre m_4	Quatrième spectre λ
	Première partie.			364,5	6603,6		Deuxième partie.	
C	0,0	6561,8		617,8	32,7	641	0,0	6716,4
	51,0	67,6		704,0	42,5		82,2	25,8
	81,5	71,1		849,0	59,2		427,0	60,5
	103,0	73,6		876,9	62,4		447,0	62,9
	161,0	80,2		1003,7	6676,9		604,0	6788,1
	207,0	85,5		1208,0	6700,3		892,5	6818,5
	264,9	92,2		1225,6	02,3		972,5	27,6
	270,9	92,9		†[1317,8	12,9]		1224,4	56,0
	303,8	6597,1	641	1348,6	6716,4	B	1316,1	6866,8

B — A

Raies	RÉSEAU (II) Quatrième spectre m_4	λ	Troisième spectre m_3	λ	Deuxième spectre m_2	λ	RÉSEAU (III) Deuxième spectre m_2	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde
B	0,0	6866,8	0,0	6866,8	0,0	6866,8	0,0	6866,8	6866,8
	24,5	69,6	"	"	"	"	"	"	69,6
	34,0	70,7	"	"	"	"	"	"	70,7
	80,0	75,9	"	"	"	"	"	"	75,9
	99,0	78,1	74,0	78,3	"	"	"	"	78,2
	134,7	82,1	101,0	82,4	"	"	"	"	82,3
	157,5	84,7	116,0	84,7	"	"	"	"	84,7
	185,5	87,9	137,0	88,0	"	"	"	"	88,0
	215,3	91,3	157,0	91,1	"	"	"	"	91,2
	245,4	94,8	180,5	94,8	"	"	"	"	94,8
	280,0	6898,7	206,0	6898,8	"	"	"	"	6898,8
	317,5	6903,0	232,0	6903,0	"	"	"	"	6903,0
	357,1	07,5	265,0	07,6	"	"	"	"	07,6
	398,2	12,2	290,0	11,7	"	"	"	"	11,9
	440,0	17,0	323,0	16,8	"	"	"	"	16,9
	486,2	22,2	358,0	22,2	"	"	"	"	22,2
	533,4	27,6	394,0	27,8	"	"	"	"	27,7
	571,1	31,9	426,6	31,8	"	"	"	"	31,9
	610,0	36,3	448.0	36,2	"	"	"	"	36,2
	627,0	38,3	463,0	38,5	"	"	"	"	38,4
	644,0	40,1	477,0	40,6	"	"	"	"	40,3
	691,3	45,6	509,0	45,7	"	"	"	"	45,6
	723,3	49,3	522,7	49,1	"	"	"	"	49,2
	744,5	51,6	548,0	51,5	"	"	"	"	51,6
	768,6	54,6	567,6	54,6	"	"	"	"	54,6
	792,6	57,1	588,0	57,7	"	"	"	"	57,4
	814,7	6959,6	601,2	6959,7	"	"	"	"	6959,6

*) Raie C du 3e spectre; $\lambda = 6561,8$ donne 3937,1.

†) " du fer du 5e " ; $\lambda = 5870,5$ donne 6718,1.

Raies	RÉSEAU (II) Quatrième spectre m_4	λ	Troisième spectre m_3	λ	Deuxième spectre m_2	λ	RÉSEAU (III) Deuxième spectre m_2	λ	Valeur moyenne de Longueur d'onde
	837,8	6962,2	623,0	6963,3	»	»	»	»	6962,2
	855,3	64,2							64,2
	903,0	69,7	661,0	69,2	»	»	»	»	69,4
	»	»	759,5	84,4	494,6	6984,1	»	»	84,2
	»	»	777,0	87,1	»	»	»	»	87,1
	»	»	811,0	92,4	»	»	»	»	92,4
	1145,0	6997,7	841,7	6997,1	»	»	»	»	6997,4
	1198,0	7003,2	881,7	7003,3	576,5	7003,3	»	»	7003,3
	1249,6	09,1	921,0	08,9	»	»	»	»	09,0
	1294,3	14,2	953,1	14,2	»	»	»	»	14,2
	1362,5	21,9	998,2	21,4	»	»	»	»	21,6
	1389,6	7025,0	1022,1	7025,1	667,6	25,0	»	»	25,0
	»	»	»	»	705,6	34,0	»	»	34,0
	»	»	»	»	764,6	7047,9	»	»	7047,9
	»	»	1726,0	7146,2	»	»	»	»	7146,2
	»	»	»	»	»	»	805,0	7160,7	60,4
a	»	»	1935,6	63,2	»	»	»	»	63,2
	»	»	1968,3	71,7	1284,0	7171,6	834,0	71,2	71,5
	»	»	1992,0	75,8	1302,0	75,9	844,0	75,9	75,9
	»	»	2017,3	79,6	1316,0	79,2	856,5	79,4	79,4
	»	»	2037,0	82,6	1335,5	82,9	868,3	83,7	82,7
			2052,0	84,9	1344,0	84,9			84,9
	»	»	2081,0	89,5	1363,0	89,4	884,6	89,7	89,5
	»	»	2092,0	91,2	»	»	»	»	91,2
	»	»	2123,0	95,8	»	»	»	»	95,8
	»	»	2140,6	7198,6	1399,5	7198,6	908,0	7198,2	7198,3
	»	»	2168,0	7202,8	»	»	920,0	7202,6	7202,7
	»	»	2183,0	7204,8	»	»	»	»	04,8
	»	»	»	»	»	»	953,0	13,6	13,6
	»	»	»	»	»	»	972,0	20,0	20,0
	»	»	»	»	»	»	982,5	24,9	24,9
	»	»	»	»	1536,6	7230,2	998,0	30,5	30,4
	»	»	»	»	1575,6	39,7	1016,0	37,6	37,6
							1028,0	42,0	42,0
	»	»	»	»	1618,4	49,9	1049,0	49,1	49,5
	»	»	»	»	»	»	1064,0	56,9	56,9
	»	»	»	»	1668,1	61,7	1084,0	62,5	62,1
	»	»	»	»	1720,9	74,2	1116,3	74,3	74,3
	»	»	»	»	1777,6	87,5	1148,0	85,5	85,5
							1159,0	89,5	7289,5
(F)	»	»	»	»	[1791,6	7290,9]	»	»	»
	»	»	»	»	1831,6	7300,4	1187,0	7299,8	7300,1
	»	»	»	»	»	»	1207,0	7307,1	07,1
	»	»	»	»	»	»	1228,0	7314,7	7314,7
A	»	»	»	»	3100,0	7600,2	2012,0	7601,5	7600,9
	»	»	»	»	± 27,5	± 6,5	±18,5	± 6,7	± 6,6
	»	»	»	»	»	»	2078,0	7625,6	7625,6

VALEURS NUMÉRIQUES DES CONSTANTS

employés au calcul des Longueurs d'onde des raies de Fraunhofer.

Valeurs de K_n pour les différents spectres.

Réseau	K_6	K_5	K_4	K_3	K_2
(II)	3,09831.4	3,17749.5	3,27439.7	3,39934.4	3,57543.5
(III)	»	»	»	»	3,75152.4

Valeurs de φ_0 et de log r pour calculer les angles de déviation φ.

C—F

Raies	Sixième spectre m_6	φ_0	λ	log r	Cinquième spectre m_5	φ_0	λ	log r
E	0,0	24° 50′ 42″,5	5268,98		0,0	20° 29′ 4″,5	5268,98	
1390	1853,1	25 31 36,3	5403,97		1477,8	21 2 43,7	5403,97	
1280	1703,2	26 9 11,5	5527,35		1357,1	21 33 0,1	5527,44	
1174	1806,2	26 49 3,1	5657,51	0,12196	1435,5	22 5 2,9	5657,65	0,12676
1096	1455,7	27 21 10,6	5761,85		1154,3	22 30 47,8	5761,94	
D.	1783,7	"	5889,00		1409,7	23 2 15,3	5888,93	
D..	1867,3	28 2 23,1	5894,94		"	"	5894,96	
D.	0,0	28 0 32,1	5888,98		(0,0)	23 2 16,2	5888,97	
D″	83,6	28 2 24,4	5895,00		(67,1)00	23 3 45,7	5894,98	
931,4	1863,3	28 42 16,0	6022,96		1422,8	23 35 36,7	6023,00	
876,7	1584,1	29 17 44,5	6136,13	0,12833	1261,6	24 3 51,8	6136,14	0,12833
815,1	1801,5	29 58 5,3	6264,06		1432,7	24 35 57,8	6264,13	
757,0	1914,0	30 40 57,3	6399,03		1514,6	25 9 55,0	6399,01	
C	2328,6	31 33 4,6	6561,80		1840,4	25 51 8,0	6561,83	
E	0,0	24 50 42,5	5268,98		0,0	20 29 45,0	5268,98	
b_1	1395,6	24 19 53,0	5166,74		1130,3	20 4 50,5	5166,74	
1834	1713,0	23 42 2,4	5040,64	0,12237	1388,3	19 34 14,1	5040,69	0,12153
1961	1135,5	23 16 57,3	4956,71		921,4	19 13 55,2	4956,82	
F	1296,2	22 48 19,3	4860,60		1054,5	18 50 40,2	4860,61	
c	0,0	23 16 57,3	4956,71	0,12694	0,0	19 13 54,2	4956,76	0,12756
F	1282,6	22 48 19,3	4860,59		1039,2	18 50 40,2	4860,61	

F—H

Raies	Sixième spectre m_6	φ_0	λ	log r	Cinquième spectre m_5	φ_0	λ	log r	Quatrième spectre. m_4	φ_0	λ	log r
F	0,0	22° 48′ 19″,1	4860,60		0,0	18° 50′ 40″,2	4860,60		0,0	14° 58′ 30″,2	4860,60	
2264	2111,0	22 1 22,5	4702,29		1689,1	18 12 32,3	4702,34		1359,7	14 28 36,7	4702,36	0,12027
2467	2036,5	21 16 5,2	4548,75	0,12525	1630,5	17 35 43,9	4549,03	0,13176	1316,5	13 59 40,1	4548,85	
2670	1769,1	20 36 44,7	4414,70		1424,0	17 3 35,2	4414,70		1148,6	13 34 35,0	4414,66	
G	1413,0	20 5 19,4	4307,23		1136,6	16 37 55,8	4307,22		"	"	"	
2670	"	"	"		0,0	17 3 35,2	4414,70	0,11940	"	"	"	
2882	0,0	20 10 33,5	4325,16		974,4	16 42 12,6	4325,16		"	"	"	
3040	1296,4	19 41 48,1	4226,30	0,12525	2047,0	16 18 40,5	4226,39		"	"	"	
h	1636,7	19 5 19,3	4101,04		1636,7	15 48 55,9	4101,28	0,11851	0,0	12 35 36,1	4101,21	0,12610
H	"	"	"		1446,0	15 17 16,3	4067,76		1119,0	12 10 40,1	4062,00	

C—A

Raies	Quatrième spectre RÉSEAU II. m_4	φ_0	log r	Troisième spectre RÉSEAU II. m_3	φ_0	log r	Deuxième spectre RÉSEAU II. m_2	φ_0	log r	Deuxième spectre RÉSEAU III. m_2	φ_0	log r
C	0,0	20° 24′ 58″,3		"	"	"	"	"	"	"	"	"
641	1348,0	20 55 10,5	0,12833	"	"	"	"	"	"	"	"	"
B	1316,1	21 24 39,1		0,0	15° 58′ 20″,2	0,12324	0,0	10° 31′ 0″,4	0,12115	0,0	6° 59′ 21″,4	0,12868

PROCÈS-VERBAL

de vérification d'un mètre à traits de l'université d'Upsal.

Monsieur ÅNGSTRÖM, professeur à l'université d'Upsal, a fait construire par M. BRUNNER un mètre en laiton, dont il a desiré que la comparaison soit faite, à la température de la glace fondante, avec l'étalon prototype en platine du Conservatoire Impérial des arts et métiers.

Ce mètre est formé d'une règle massive en laiton dont les dimensions sont les suivantes:

longueur $1^m,10$; largeur $0^m,0285$; épaisseur $0^m,0179$.

Sur la face supérieure de cette règle, on a encastré 11 mouches en argent, d'un diamètre de 6 millimètres, destinées à recevoir les traits de division, de décimètre en décimètre.

Pour comparer les distances comprises entre les deux traits extrêmes et la longueur du mètre prototype, à bout, on s'est servi du comparateur de Gambey, au moyen duquel on a visé les traits du mètre en vérification, d'une part, et d'autre part les traits de deux talons en bronze proposés par M. TRESCA et qui viennent palper exactement les extrémités de la ligne moyenne du mètre prototype, ligne dont la longueur a été exactement comparée avec la ligne correspondante du mètre prototype des archives suivant procès-verbal en date du 5 Mars 1864 et dont un exemplaire est joint à la présente description.

Afin d'opérer à la glace fondante, la table du comparateur a été remplacée par une auge dans laquelle un fort plateau en fonte, immergé dans de l'eau contenant toujours un grand nombre de fragments de glace, recevait successivement les deux mesures à comparer.

La comparaison a été faite le vendredi 12 Octobre par M. M. ÅNGSTRÖM et TRESCA.

Les indications données par les micromètres peuvent être résumées de la manière suivante:

La lettre *U* désigne le mètre d'Upsal
„ *P* „ le mètre prototype du Conservatoire
„ *A* „ l'augmentation de longueur résultant de l'emploi des 2 talons en bronze.

	HEURE des observations.	MÈTRE en expérience.	POINTS sur lesquels les lunettes sont visées.	LECTURE sur le tambour du micromètre de droite.	LECTURE sur le tambour du micromètre de gauche.	RÉSULTATS de la comparaison.
I	$8^{h}.10^{m}$	$P+A$	Traits des talons	0	0	I et II $P+A=U+297,^{d}0$
II	8. 20	U	Traits du mètre	0	$+297$	III et IV $P+A=U+293,4$
III	8. 25	U	id	0	0	
IV	8. 35	$P+A$	Traits des talons	0	$-293,4$	Moyenne $P+A=U+295,^{d}2$
V	9. 5	$P+A$	id	0	0	V et VI $P+A=U+287,^{d}1$
VI	9. 21	U	Traits du mètre	0	$+287,1$	
VII	9. 25	U	id	0	0	VII et VIII $P+A=U+297,9$
VIII	9. 45	$P+A$	Traits des talons	0	$-297,9$	Moyenne $P+A=U+292,^{d}5$

Il résulte de cette double observation que l'on a

$$P+A=U+293,^{d}85\,.$$

Pour déduire de ces 293,85 divisions, la différence de longueur résultant de l'emploi des talons en bronze, on a démonté l'un de ces talons de manière à en faire entrer la pièce moyenne entre les joues qui embrassaient primitivement le mètre en platine; les touches qui étaient d'abord respectivement en contact avec les extrémités du mètre se sont trouvées ainsi en contact entr'elles, et l'on a mesuré, avec le même micromètre de gauche du comparateur de Gambey la distance entre les deux traits, ainsi rapprochés, des talons.

1ère Lecture	$A = 267,^{d}9$
2e „	$A = 267,8$
Moyenne	$A = 267,85$ divisions.

En rapprochant cette relation de la précédente, par voie de soustraction, on trouve immédiatement

$$P+A-A=U+293,^{d}85-267,^{d}85$$

ou

$$P=U+26 \text{ divisions.}$$

Pour apprécier la valeur en mètre de ces 26 divisions, on a déplacé la réticule du micromètre de gauche devant une division millimétrique de Gambey, qui a exigé, pour un parcours de 2 millimètres, un déplacement de $269,^{d}05$ du tambour.

Ces $269,^{d}05$ équivalant à 2 millimètres, les 26 divisions reviennent à $26 \times \dfrac{2}{269,05} = 0,^{mill}193$.

D'où il résulte que

$$P=U+0,^{mill}193\,,$$

et que par conséquent le mètre d'Upsal est, à la température de la glace fondante, plus court que le mètre prototype du Conservatoire de $0,^{mill}193$, et comme celui-ci est plus long de $0,^{mill}003$ que le mètre prototype des archives de France, à la température de $1,^{o}27$,

on doit admettre que le mètre d'Upsal est égal à:

1 mètre — 0,^{mèt} 000190.

Le 13 Octobre 1866, les mêmes observateurs ont déterminé le coefficient de dilatation de ce même mètre.

A cet effet, on y a tracé successivement deux couples de traits, avec un même compas de 1 mètre d'ouverture, maintenu à la température constante de la glace fondante; en premier lieu, le mètre d'Upsal étant aménè à cette même température de la glace fondante, par son immersion prolongée dans de l'eau contenant de nombreux fragments de glace; en second lieu, ce mètre étant maintenu dans de l'eau, bouillant d'une manière uniforme sous la pression de 760,^{mill}44 de mercure, observée à une température de 15°.

Les traits correspondant à la température 0, ayant été repérés au moyen d'un coup de pointeau, et les traits correspondant à la température de l'eau bouillante ayant été repérés au moyen d'un double point, qui sont restés apparents sur l'une des faces latérales du mètre, on a procédé à la mesure de la différence des longueurs comprises entre les deux traits de chaque opération. Cette différence, estimée directement et par une seule lecture, au moyen du déplacement du mètre sur la table du comparateur de Gambey, on a trouvé que la dilatation d'un mètre de la règle était mesurée par

$$251,'8 \text{ du tambour} = 251,8 \times \frac{2}{269,05} = 1,8718 \text{ millim.}$$

à la température de 14,°95 centigrades.

Il résulte de cette observation que le coefficient de dilatation du mètre d'Upsal est exprimé, pour chaque degré centigrade, par la fraction 0,000018718 et attendu que le mètre ainsi vérifié constitue une mesure de grande précision, on y a immédiatement apposé le poinçon spécial du Conservatoire, réservé à ces sortes de mesures. Ce poinçon consiste en un *C*, appliqué à peu près sur le milieu de la face qui porte les traits provenant de la détermination du coefficient de dilatation.

La minute du présent procès-verbal a été signée par M. Ångström et par M. Tresca.

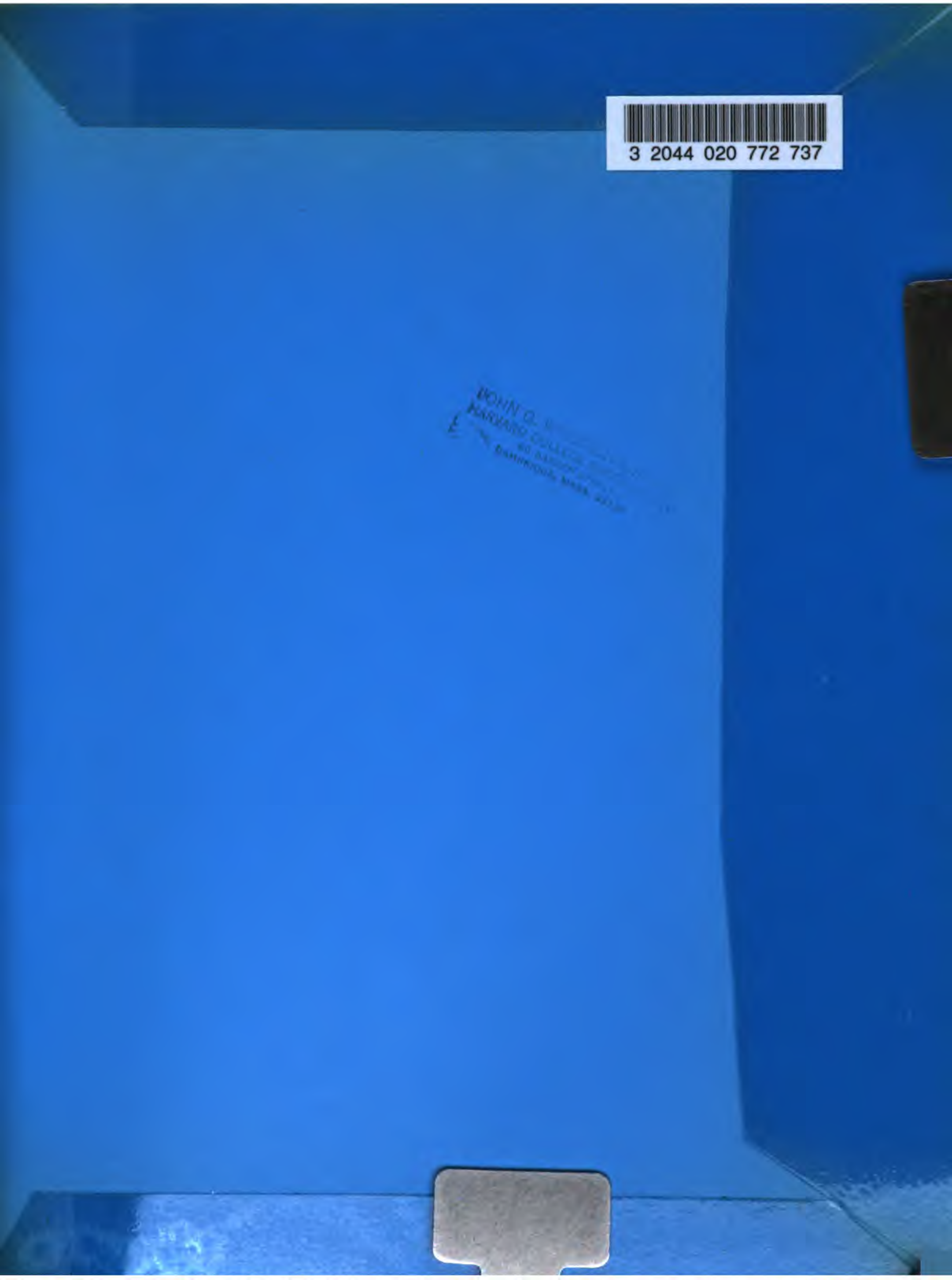
Paris le 14 Octobre 1866.

And. Jon. Ångström. H. Tresca.

Vu et approuvé

Le Général de division, Directeur du Conservatoire Impérial des arts et métiers.

(L. S.) *A. MORIN.*


3 2044 020 772 737


32044020772737